



Π.Μ.Σ. Εφαρμοσμένης Οικονομικής

Κατεύθυνση: Δημόσια Διοίκηση και Τοπική Αυτοδιοίκηση

Τμήμα Οικονομικών Επιστημών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΕΙΚΤΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ G-20**

Ελένη Κ. Ψυχούλη

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Γ. Τζερεμές

Βόλος 2018

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διπλωματική εργασία ετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Βόλος, Μάιος 2018

Ελένη Ψυχούλη

Ευχαριστίες

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Αναπληρωτή Καθηγητή Νικόλαο Τζερεμέ, για τη συνεχή καθοδήγησή του, την πολύτιμη βοήθεια, την άψογη και ανιδιοτελή συνεργασία που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησής της, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την πρώτη στιγμή. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν καθόλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Επιπλέον, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τις συμφοιτήτριες, συναδέλφους και φίλες Ελισσάβετ Κατοίκου και Αθηνά Τεντζεράκη για όλες τις ώρες επικοινωνιακών συζητήσεων και ανταλλαγής απόψεων και γνώσεων κατά τη φοίτησή μας στο εν λόγω μεταπτυχιακό πρόγραμμα, καθώς και τη συμφοιτήτριά μου Στεργιανή Παπαστεργίου για την ηθική συμπαράσταση κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζουν ο σύζυγός μου, Ηλίας, και τα παιδιά μου, Σταυρούλα-Μάρθα και Κωνσταντίνος, για την αμέριστη συμπαράσταση, την υπομονή και την υπέρμετρη κατανόηση που υπέδειξαν για την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 4 |
| Κεφάλαιο 1 | 6 |
| Εισαγωγή | 6 |
| Κεφάλαιο 2 | 9 |
| Βιβλιογραφική ανασκόπηση | 9 |
| 2.1 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας..... | 9 |
| 2.2 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της eco-efficiency..... | 13 |
| 2.3 Ανασκόπηση μεθοδολογίας..... | 17 |
| 2.3.1 Βασικοί ορισμοί..... | 17 |
| 2.3.2 Μέτρηση αποδοτικότητας..... | 20 |
| 2.3.2.1 Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων..... | 20 |
| 2.3.2.2 Μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων..... | 22 |
| 2.3.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων..... | 26 |
| 2.3.3 Μέτρηση περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και eco-efficiency..... | 27 |
| Κεφάλαιο 3 | 37 |
| Δεδομένα έρευνας | 37 |
| 3.1 Μεταβλητές – Περιγραφικά χαρακτηριστικά..... | 37 |
| 3.2. Το μοντέλο..... | 44 |
| Κεφάλαιο 4 | 48 |
| Εμπειρικά αποτελέσματα | 48 |
| 4.1 Εφαρμογή της ΠΑΔ..... | 48 |
| 4.2 Συγκριτική ανάλυση δεικτών ανά χώρα..... | 59 |
| 4.3 Δεσμευτική περίοδος 2008-2012 της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο..... | 75 |
| Κεφάλαιο 5 | 79 |
| Σχολιασμός - Συμπεράσματα | 79 |
| Βιβλιογραφία | 83 |
| Παράρτημα Α | 88 |
| Παράρτημα Β | 89 |
| Παράρτημα Γ | 95 |
| Παράρτημα Δ | 98 |

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ G-20

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency 18 χωρών της ομάδας G-20 για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (ΠΑΔ) δημιουργήθηκαν τρεις δείκτες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Χρησιμοποιούνται τρία μοντέλα σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), το πρώτο οριοθετημένο ως προς την εισροή, ενώ το δεύτερο και το τρίτο οριοθετημένα ως προς την εκροή. Μάλιστα, ο τρίτος δείκτης προκύπτει από το λόγο της οικονομικής προστιθέμενης αξίας προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα αποτελέσματα αναλύονται σε δύο επίπεδα. Αρχικά, αξιολογείται η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κάθε χώρας χωριστά για τον καθένα δείκτη. Έπειτα, εξετάζεται πώς επηρεάστηκε η περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών, που επικύρωσαν τη συμφωνία του Πρωτόκολλου του Κιότο και συμφώνησαν στη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, σε τρεις χρονικές περιόδους: 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη δεσμευτική περίοδο 2008-2012, που ορίζεται από τη συμφωνία. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι οι χώρες του δείγματος, στην πλειοψηφία τους, δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές. Τέλος, διαπιστώνεται ότι ενώ αρκετές χώρες της G-20 συμφώνησαν στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, δεν κατάφεραν να εφαρμόσουν τις κατάλληλες περιβαλλοντικές πολιτικές με αποτέλεσμα να καταγραφούν χαμηλά επίπεδα περιβαλλοντικής αποδοτικότητας.

Λέξεις κλειδιά: περιβαλλοντική αποδοτικότητα, eco-efficiency, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ), G-20.

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the environmental efficiency and eco-efficiency of a sample consisting of 18 countries of the G-20 for the period 1991-2014. By applying the method of Data Envelopment Analysis (DEA) three environmental efficiency indexes were constructed. Three models are used under constant returns to scale, the first input-oriented, the second and the third output-oriented. In fact, the third index is defined as a ratio of economic value added and environmental impacts. The results are analyzed in two fields. Firstly, the environmental efficiency of each country is evaluated separately for each index. Subsequently, was examined the way the environmental efficiency of each country, which ratified Kyoto Protocol agreement and agreed on carbon dioxide emission reductions, was affected by this agreement in three time periods: 1991-2007, 2007-2012 and 2012-2014, before, during and after the commitment period 2008-2012 defined by the agreement. According to the results provided, is concluded that the countries of the sample, in their majority, are not environmental efficient. Finally, it appears that even though several countries of the G-20 group agreed on carbon dioxide emission reductions, they were unable to apply suitable environmental policies and, therefore, low environmental efficiency levels were recorded.

Key Words: environmental efficiency, eco-efficiency, Data Envelopment Analysis (DEA), G-20.

Κωδικοί JEL: C14, F63, F64, O44

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Τα περιβαλλοντικά θέματα θεωρούνται από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αφορούν την κοινωνική και οικονομική βιώσιμη ανάπτυξη. Μάλιστα, τα τελευταία χρόνια ο όρος «περιβαλλοντικές επιδόσεις» υποστηρίζεται παγκοσμίως και αναφέρεται συχνά από τους αναλυτές της περιβαλλοντικής πολιτικής και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Ακόμη και στο επίπεδο των επιχειρήσεων, έχει αναγνωριστεί σταδιακά ως σημαντικό στοιχείο της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων, διότι καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις μπορεί να φέρουν στα ενδιαφερόμενα μέρη τεράστια δυνατά οφέλη (Tyteca, 1996).

Οι ερευνητές, λοιπόν, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους προς τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας που είναι μια ουσιώδης και αναγκαία κατεύθυνση όσον αφορά τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων. Οι περισσότεροι, μάλιστα, αναγνωρίζουν τη σημασία της εκτίμησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, διότι μπορεί να παρέχει στους σχεδιαστές και στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων ποιοτικές πληροφορίες για την αξιολόγηση της απόδοσης, την ανάλυση των πολιτικών και τη δημόσια επικοινωνία (Song et al., 2012).

Όπως αναφέρουν οι Zhou et al. (2008b), από τη δεκαετία του 1980 και έπειτα, η παγκόσμια συνειδητοποίηση και ανησυχία για τα περιβαλλοντικά θέματα οδήγησε στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός μεγάλου αριθμού τεχνικών μοντέλων για την αντιμετώπιση σύνθετων ενεργειακών και περιβαλλοντικών ζητημάτων. Ένα πολύ διαδεδομένο τεχνικό μοντέλο ήταν αυτό της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (ΠΑΔ ή DEA), όπως εισήχθη από τον Farrell (1957), το οποίο έγινε σταδιακά το πιο δημοφιλές εργαλείο μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας.

Η ΠΑΔ είναι μία μη παραμετρική μέθοδος όπου εκτιμάται η σχετική αποδοτικότητα ενός συνόλου συγκρινόμενων μονάδων, μέσω ενός γραμμικού μαθηματικού προγραμματισμού. Αυτές οι μονάδες ονομάζονται Μονάδες Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ) και είναι ομογενείς υπό την έννοια ότι χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία, ώστε να μετατρέπουν τις ίδιες εισροές σε ίδιες εκροές (Zhou et al., 2008b). Το πλεονέκτημά της είναι ότι μπορεί να διαχειριστεί πολλές εκροές που παράγονται από πολλές εισροές χωρίς να απαιτεί την ύπαρξη μιας προκαθορισμένης συναρτησιακής σχέσης.

Το παραδοσιακό μοντέλο μέτρησης της αποδοτικότητας με τη μέθοδο της ΠΑΔ θεωρεί την παραγωγή μόνον επιθυμητών εκροών από ένα σύνολο εισροών, αγνοώντας την ύπαρξη μη επιθυμητών εκροών κατά την πραγματική παραγωγική διαδικασία. Στην πραγματικότητα,

όμως, όταν αναφερόμαστε σε περιβαλλοντικά ζητήματα, μαζί με τις επιθυμητές παράγονται και μη επιθυμητές εκροές. Επομένως, αναδύεται ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον ζήτημα για το πώς αντιμετωπίζονται οι μη επιθυμητές εκροές στο κλασσικό μοντέλο της ΠΑΔ. Έτσι, πολλές μελέτες χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της ΠΑΔ για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, με σκοπό να επιτευχθεί η μέγιστη ισοαναλογική αύξηση των επιθυμητών εκροών και ταυτόχρονα να μειωθούν οι μη επιθυμητές εκροές.

Γνωρίζουμε ότι στη συνήθη παραγωγική διαδικασία θεωρούμε ότι οι μεταβλητές είναι ισχυρά καταναεμημένες, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε μεταβλητή μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να προκαλέσει μείωση στην παραγωγή των άλλων μεταβλητών. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, κατά τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας θεωρούμε ότι οι μεταβλητές είναι ασθενώς καταναεμημένες, γεγονός που σημαίνει ότι για να μειωθούν οι μη επιθυμητές εκροές θα πρέπει να μειωθούν ισοαναλογικά και οι επιθυμητές εκροές.

Οι Färe et al. (1989) ήταν οι πρώτοι που διαχειρίστηκαν την παραγωγή των επιθυμητών και μη επιθυμητών εκροών ασυμμετρικά και εισήγαγαν την έννοια της ασθενούς κατανομής των μη επιθυμητών εκροών στη διαδικασία παραγωγής. Άλλες μελέτες αντιμετώπισαν τις μη επιθυμητές εκροές ως εισροές (Reinhard et al., 2000 • Dyckhoff & Allen, 2001 • Hailu & Veeman, 2001), γεγονός που σχολιάστηκε από τους Seiford & Zhu (2002) που υποστήριξαν ότι με αυτόν τον τρόπο παραβιάζεται η πραγματική διαδικασία παραγωγής. Τέλος, μια άλλη προσέγγιση ήταν αυτή των Seiford & Zhu (2002) οι οποίοι εφάρμοσαν μία μονοτονική πτωτική μετατροπή των μη επιθυμητών εκροών σε επιθυμητές εκροές.

Επιπρόσθετα, μια ενδιαφέρουσα εκτίμηση της μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, συνάμα και χρήσιμη, είναι αυτή που την προσεγγίζει από τη σκοπιά της eco-efficiency. Η έννοια της eco-efficiency εκφράζεται ως η οικονομική προστιθέμενη αξία/τις περιβαλλοντικές πιέσεις. Αυτός ο ορισμός συνδυάζει τις οικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές της παραγωγής, δίνοντας τη ίδια έμφαση και στα δύο, προσφέροντας, έτσι, μια πιο οικολογικά προσανατολισμένη άποψη στη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας (Kuosmanen & Kortelainen, 2005).

Στην παρούσα εργασία, ακολουθώντας τις μελέτες και τα θεωρητικά πλαίσια που αναπτύχθηκαν από τους Färe et al. (1989), Kuosmanen & Kortelainen (2005) και Seiford & Zhu (2002), έγινε εφαρμογή των προαναφερόμενων μεθόδων για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας 18 χωρών της ομάδας G-20 για τη χρονική περίοδο 1991-2014. Έτσι, κατασκευάστηκαν τρεις δείκτες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας με τη μέθοδο της ΠΑΔ, με βάση τρία προτεινόμενα μοντέλα και διεξήχθησαν τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Στη συνέχεια, η υπόλοιπη εργασία εκτείνεται σε τέσσερα κεφάλαια, όπως αναφέρονται παρακάτω. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση των μελετών που πραγματεύονται ζητήματα μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency. Επίσης, γίνεται ανασκόπηση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε, αναφέροντας βασικούς ορισμούς των οικονομικών παραγωγής που σχετίζονται με την έννοια της αποδοτικότητας, της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, καθώς και της μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν, όπως και των τριών μοντέλων της ΠΑΔ που βρήκαν εφαρμογή σε αυτή την εργασία. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν ανά χώρα, κάνοντας ειδική αναφορά σε ό,τι αφορά τη δεσμευτική περίοδο 2008-2012 της συμφωνίας του Πρωτοκόλλου του Κιότο, εξετάζοντας τί συμβαίνει τις χρονικές περιόδους 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014, για τις χώρες που επικύρωσαν τη συμφωνία και συμφώνησαν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο βρίσκονται τα συμπεράσματα. Τέλος, παρατίθενται τα παραρτήματα που περιέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις 18 χώρες, πίνακες με τα δεδομένα και διαγράμματα της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας για τους τρεις δείκτες.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας

Στη βιβλιογραφία, οι μελέτες που εφαρμόζουν τη μέθοδο της ΠΑΔ για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας την προσεγγίζουν με εναλλακτικούς τρόπους, ανάλογα με τον ποιόν τύπο μέτρησης της αποδοτικότητας επιλέξουν. Οι πιο ευρέως διαδεδομένοι που εφαρμόστηκαν σε έρευνες σχετικές με τη μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης είναι οι εξής πέντε: radial (ακτινική), non-radial (μη-ακτινική), slacks-based, hyperbolic (υπερβολική) και directional distance function (λειτουργία κατεύθυνσης απόστασης) (Zhou et al., 2008b). Μάλιστα, οι τελευταίοι υποστηρίζουν ότι η radial μέτρηση της αποδοτικότητας χρησιμοποιείται πιο εκτεταμένα στην ΠΑΔ, καθώς αυτή θεωρεί αναλογικές μειώσεις ή αυξήσεις τόσο των επιθυμητών όσο και των μη επιθυμητών εκροών (Zhou et al., 2008a).

Η μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης με τη χρήση μη παραμετρικών τεχνικών προτάθηκε αρχικά από τους Färe et al. (1989) με βάση το γεγονός ότι η μείωση των ρύπων συνεπάγεται ένα κόστος που μπορεί να μετρηθεί είτε αυξάνοντας τις ποσότητες των εισροών ή μειώνοντας την παραγωγή των επιθυμητών εκροών. Χρησιμοποιούν την hyperbolic μέτρηση της αποδοτικότητας η οποία επιτρέπει την ταυτόχρονη σταθμισμένη μείωση των μη επιθυμητών εκροών μαζί με την επέκταση των επιθυμητών εκροών. Έκαναν εφαρμογή στη βιομηχανία χαρτιού των ΗΠΑ μετρώντας την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων, αντιμετωπίζοντας την περιβαλλοντική τους ικανότητα να παράγουν μεγάλες ποσότητες χαρτοπολτού (επιθυμητή εκροή) σε σχέση με τη μόλυνση του νερού (μη-επιθυμητή εκροή), όπως είναι το SO₂, τα στερεά και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Το 1996 οι Färe et al. συγκρίνουν δύο μοντέλα προσανατολισμένα στις εισροές (input-oriented). Το ένα μετρά την παραγωγή των μη επιθυμητών εκροών, ενώ το άλλο αγνοεί την παραγωγή μη επιθυμητών εκροών ταυτόχρονα με τις επιθυμητές εκροές. Αργότερα, ο Tyteca (1997) εισήγαγε έναν άλλο δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης που βασίζεται στις ίδιες αρχές των Färe et al. (1989), όμως, με διαφορετικές υποθέσεις. Χρησιμοποίησε τρία γραμμικά μοντέλα, ανάλογα με το αν οι εισροές, οι επιθυμητές και οι μη επιθυμητές εκροές ήταν ισχυρά ή ασθενώς κατανεμημένες και κατέληξε στη σύγκριση αυτών με τη δημιουργία ενός τέταρτου μοντέλου με βάση το μοντέλο των Jaggi και Freedman. Γενικά, η κατασκευή των δεικτών περιβαλλοντικής απόδοσης έχει εφαρμοστεί σε πολλές μελέτες που τους ενσωματώνουν στην ανάλυσή τους.

Οι Zofio & Prieto (2001), ακολουθώντας την προσέγγιση των Färe et al. (1989), αξιολογούν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των 14 πιο προηγμένων χωρών του ΟΟΣΑ θεωρώντας την hyperbolic μέτρηση ως τον καλύτερο τρόπο, καθώς εξετάζει ρητά τη γενική μείωση των εκπομπών. Αυτό έγινε ταξινομώντας την ικανότητά τους να αυξήσουν την επιθυμητή εκροή ισοαναλογικά με την μείωση της μη-επιθυμητής εκροής. Οι Picazo-Tadeo & Garcia-Reche (2007) εφαρμόζουν την non-radial μέθοδο για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας σε ένα δείγμα παραγωγών κεραμικών πλακιδίων στην ανατολική Ισπανική περιοχή της Βαλένθια. Στην εργασία τους εξετάζεται η ικανότητα μιας επιχείρησης να μειώσει τα ρυπογόνα απόβλητά της διατηρώντας τα τρέχοντα επίπεδα των εισροών και των επιθυμητών εκροών της. Γενικά, διαπίστωσαν χαμηλές βαθμολογίες περιβαλλοντικής απόδοσης, αποκαλύπτοντας, όμως, σημαντικά περιθώρια βελτίωσής της.

Οι Zaim & Taskin (2000) εισήγαγαν τις ωφέλιμες περιβαλλοντικές μεταβλητές χρησιμοποιώντας μία μη-παραμετρική μέθοδο, και συγκεκριμένα την hyperbolic μέτρηση της τεχνικής αποδοτικότητας. Ανέπτυξαν έναν δείκτη περιβαλλοντικής απόδοσης για τις χώρες του ΟΟΣΑ, για την περίοδο 1980-1990, μετρώντας την εκροή που πρέπει να θυσιάσουν προκειμένου να πετύχουν καλύτερα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Στη μελέτη τους εξετάζουν τις εναλλακτικές υποθέσεις της κατανομής των «κακών» εκροών κατά την παραγωγική διαδικασία. Τα αποτελέσματά τους μας δείχνουν ότι α) η Ιαπωνία, η Γαλλία, η Τουρκία, η Νέα Ζηλανδία και η Σουηδία είναι οι μεγαλύτεροι ρυπαντές, ενώ οι ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Ισλανδία και το Λουξεμβούργο παρουσιάζονται πιο περιβαλλοντικά αποδοτικές, β) η μείωση κατά 10% των εκπομπών του CO₂ είναι ορατή μόνο στις 9 από τις 25 χώρες του ΟΟΣΑ, ενώ για 16 χώρες είναι εφικτή η μείωση σε ποσοστό μόλις 1%.

Οι Färe et al. (2004) κατασκευάζουν έναν δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας την ΠΑΔ και ένα ζευγάρι αναλογιών από τις συναρτήσεις απόστασης (distance functions). Ο δείκτης αυτός εκφράζεται από τον λόγο του ποσοτικού δείκτη της επιθυμητής εκροής προς τον ποσοτικό λόγο της μη-επιθυμητής εκροής και ουσιαστικά μετράει το βαθμό στον οποίο μία ΜΛΑ κατάφερε να παράγει επιθυμητές εκροές, ενώ ταυτόχρονα καταφέρνει να μειώσει τις μη-επιθυμητές εκροές. Υποθέτουν ασθενή κατανομή των μη-επιθυμητών εκροών και ότι είναι αδύνατο να παραχθούν επιθυμητές εκροές χωρίς ταυτόχρονα να παραχθούν και μη-επιθυμητές. Το δείγμα τους αποτελείται από 17 χώρες του ΟΟΣΑ για το έτος 1990 και τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι η Γαλλία και η Σουηδία είναι οι περιβαλλοντικά αποδοτικότερες χώρες, με τον μεγαλύτερο δείκτη, ενώ η δυτική Γερμανία και η Ελλάδα είναι οι λιγότερο αποδοτικές, με τον μικρότερο δείκτη.

Το 2006 οι Färe et al. εισήγαγαν έναν δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας βασιζόμενοι στους ποσοτικούς δείκτες του Malmquist ο οποίος μετρά την ποσότητα της επιθυμητής εκροής που παράγεται προς τη μη-επιθυμητή εκροή (στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το SO₂). Επίσης, υπέθεσαν ασθενή κατανομή των μη-επιθυμητών εκροών. Το δείγμα τους αποτελείται από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας (με καύση άνθρακα) των ΗΠΑ για την περίοδο 1985-1998. Παρατηρείται ότι οι εταιρείες που ανταποκρίνονταν σε κανονισμούς και νομοθεσίες παρουσιάζουν βελτιωμένες περιβαλλοντικές επιδόσεις, σε αντίθεση με αυτές που δεν υπόκεινταν σε κανονισμούς. Στη συνέχεια, το 2010 οι Färe et al. επεκτείνουν το δείκτη που εισήγαγαν στο Färe et al. (2006), κάνοντας εφαρμογή στο ίδιο δείγμα για την χρονική περίοδο 1998-2005. Με τη χρήση του νέου δείκτη δείχνουν πώς αυτός μπορεί να παρέχει προοπτικές για τις τάσεις στην απελευθέρωση τοξικών χημικών ουσιών από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Οι Zhou et al. (2006) δημιούργησαν δύο μοντέλα slacks-based μέτρησης της αποδοτικότητας για την μοντελοποίηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας με βάση την ΠΑΔ, ακολουθώντας τις παραδοχές των Färe et al. (1989). Δημιούργησαν δύο δείκτες από τους οποίους ο πρώτος είναι αρκετά σύνθετος και μετρά την οικονομική-περιβαλλοντική επίδοση, ενώ ο δεύτερος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των επιπτώσεων που έχουν οι κανονισμοί που αφορούν το περιβάλλον. Εξετάζουν τις εκπομπές CO₂ σε ένα δείγμα 30 χωρών του ΟΟΣΑ κατά την χρονική περίοδο 1998-2002 και μόνον εννιά χώρες βρέθηκαν να είναι περιβαλλοντικά και οικονομικά αποδοτικές πλήρως.

Το 2007 οι Zhou et al. παρουσιάζουν ένα non-radial μοντέλο για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και έναν non-radial δείκτη Malmquist για να συγκρίνουν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα στην πάροδο του χρόνου. Χρησιμοποιούν ένα δείγμα 26 χωρών του ΟΟΣΑ για να εξετάσουν την περιβαλλοντική τους απόδοση για το χρονικό διάστημα από το 1995 έως το 1997. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι με την διάρκεια αυτών των δύο χρόνων η περιβαλλοντική τους αποδοτικότητα έχει βελτιωθεί, κυρίως λόγω της τεχνολογικής αλλαγής.

Στη συνέχεια, οι Zhou et al. (2008a) προτείνουν τρία radial μοντέλα της ΠΑΔ για την μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας κατά σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS) και μη-αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (NIRS). Το δείγμα τους αποτελείται από 8 περιοχές του κόσμου κατά το έτος 2002 με διαφορετικές τεχνολογικές καταστάσεις. Σκοπός τους ήταν να επεξηγήσουν τη χρήση των προτεινόμενων μέτρων των περιβαλλοντικών επιδόσεων και να δείξουν τα πλεονεκτήματα των μεθόδων της ΠΑΔ όσον αφορά τους δείκτες μέτρησης των εκπομπών του CO₂.

Οι Picazo-Tadeo et al. (2005) χρησιμοποιούν την directional distance function μέθοδο της ΠΑΔ για να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών κανονισμών στις επιδόσεις των επιχειρήσεων. Κατασκεύασαν έναν δείκτη που μετράει τα κόστη ευκαιρίας μεμονωμένων επιχειρήσεων λόγω της νομοθεσίας που αποτρέπει την ελεύθερη διάθεση των αποβλήτων, με βάση τον συλλογισμό των Färe et al. (1989). Το δείγμα τους αποτελείται από 35 εταιρείες παραγωγής κεραμικών στην Ισπανία. Υποθέτουν ότι οι επιχειρήσεις στοχεύουν στη μεγιστοποίηση παραγωγής κεραμικών, που είναι επιθυμητή εκροή, μειώνοντας τις εισροές χωρίς να αλλάξουν την παραγωγή των μη-επιθυμητών εκροών. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η νομοθεσία έχει ένα κόστος που μπορεί να μετρηθεί ως η μικρότερη εφικτή αύξηση των επιθυμητών εκροών.

Οι Halkos & Tzeremes (2009) μετρούν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα 17 χωρών του ΟΟΣΑ για την χρονική περίοδο 1980-2002 και διερευνούν την ύπαρξη συσχέτισης με βάση τον τύπο του Kuznet μεταξύ της περιβαλλοντικής επίδοσης των χωρών και του κατά κεφαλήν εισοδήματος. Κατασκευάζουν αναλογίες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας που ισούνται με τον λόγο της καλής προς την κακή περιβαλλοντική αποδοτικότητα. Υπέθεσαν την ελεύθερη κατανομή των εισροών και των εκροών, σύμφωνα με τους Coelli et al. (2005) και Haynes et al. (1993), ενώ η μεθοδολογία που ακολουθούν είναι η ανάλυση DEA window. Από την έρευνά τους προκύπτει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση με βάση τον τύπο του Kuznet μεταξύ της περιβαλλοντικής επίδοσης των χωρών και του κατά κεφαλήν εισοδήματος, σε αντίθεση με μελέτες άλλων ερευνητών. Επίσης, αναφερόμενοι σε χώρες με υψηλά ποσοστά αύξησης του εισοδήματος παρατηρούν ότι μια αύξηση στο ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) δεν αυξάνει αναλογικά και την περιβαλλοντική αποδοτικότητά τους. Επομένως, η αυξημένη οικονομική δραστηριότητα δεν εξασφαλίζει πάντοτε και την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι Halkos & Tzeremes (2012) χρησιμοποιούν την directional distance function μέθοδο της ΠΑΔ, υποθέτοντας ασθενή κατανομή, για την κατασκευή δεικτών περιβαλλοντικής απόδοσης 39 γερμανικών περιφερειών (που ανήκουν στο NUTS 2). Σκοπός τους είναι να προσδιορίσουν την ικανότητα αυτών των περιοχών να παράγουν περισσότερο με ταυτόχρονη μείωση της ρύπανσης (δηλ. τα αστικά απόβλητα) που προέρχεται από την οικονομική τους δραστηριότητα. Επίσης, κατασκευάζουν κάποιους υπό όρους στοχαστικούς πυρήνες (conditional stochastic kernels) για να προσδιορίσουν τη συσχέτιση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ με τις περιφερειακές περιβαλλοντικές αποδοτικότητες που υπολόγισαν. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η πλειοψηφία των γερμανικών αυτών περιοχών είναι περιβαλλοντικά μη αποδοτικές, με μεγάλη πιθανότητα αυτό να προέρχεται από περιοχές με χαμηλό επίπεδο κατά κεφαλήν ΑΕΠ.

2.2 Η βιβλιογραφία για τις μελέτες μέτρησης της eco-efficiency

Η έννοια της οικονομικής και οικολογικής αποδοτικότητας η οποία συνοψίζεται στη λέξη eco-efficiency αναδύθηκε τη δεκαετία του '90 ως μια πραγματική προσέγγιση για την καλύτερη απόδοση των αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης (Schaltegger & Synnestvedt, 2002) και έχει μεγάλη εμβέλεια. Σε γενικές γραμμές αναφέρεται στην ικανότητα δημιουργίας περισσότερων αγαθών και υπηρεσιών με το μικρότερο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον και καταναλώνοντας τους λιγότερους φυσικούς πόρους, γεγονός που περικλείει τόσο οικονομικά όσο και οικολογικά ζητήματα (Picazo-Tadeo et al., 2012). Η eco-efficiency αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησης των ικανοτήτων των Μονάδων Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ), όσον αφορά τους οικονομικούς και περιβαλλοντικούς τους στόχους (Huppes & Ishikawa, 2009).

Όπως αναφέρουν στο βιβλίο τους οι DeSimone & Poroff (2000, p.47) ο ορισμός που δίνει το Παγκόσμιο Επιχειρηματικό Συμβούλιο για την Αειφόρο Ανάπτυξη (World Business Council for Sustainable Development, στο εξής WBCSD) είναι ο ακόλουθος: *«Η eco-efficiency επιτυγχάνεται με την παράδοση ανταγωνιστικών τιμών στα αγαθά και τις υπηρεσίες που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες και εξασφαλίζουν μια ποιότητα ζωής, ενώ προοδευτικά μειώνονται οι οικολογικές επιπτώσεις και η ένταση χρήσης των πόρων καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής, στο επίπεδο τουλάχιστον που ευθυγραμμίζεται με την εκτιμώμενη φέρουσα ικανότητα της Γης»*. Με απλά λόγια, η eco-efficiency αφορά τη δημιουργία μεγαλύτερης αξίας με το μικρότερο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον.

Η eco-efficiency της παραγωγής αφορά την ικανότητα να παράγονται αγαθά και υπηρεσίες προκαλώντας την ελάχιστη περιβαλλοντική υποβάθμιση (Kuosmanen, 2005 και Kuosmanen & Kortelainen, 2005) και σχετίζεται με την πιο εμπεριστατωμένη έννοια της βιωσιμότητας. Όπως αναφέρουν οι Kuosmanen & Kortelainen (2005) επικρατεί η άποψη πολλών οικολόγων σύμφωνα με την οποία η επίτευξη της βιωσιμότητας απαιτεί θεμελιώδη αναδιάρθρωση της κοινωνίας, έτσι ώστε η ευημερία των ανθρώπων να μην προέρχεται αποκλειστικά από την υλική κατανάλωση.

Οι Huppes και Ishikawa (2005) σημείωσαν ότι η eco-efficiency είναι μια παρερμηνευμένη έννοια και περιγράφεται με τέσσερις πιθανές μορφές οι οποίες είναι: α) η περιβαλλοντική παραγωγικότητα (environmental productivity), β) η περιβαλλοντική ένταση (environmental intensity), η βελτίωση του περιβαλλοντικού κόστους (environmental cost improvement) και η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κόστους (environmental cost-effectiveness). Η περιβαλλοντική παραγωγικότητα είναι ο λόγος της οικονομικής παραγωγής προς την περιβαλλοντική πίεση,

ενώ η περιβαλλοντική ένταση είναι ακριβώς η αντίθετη αναλογία, αυτή δηλαδή της περιβαλλοντικής πίεσης προς την οικονομική παραγωγή. Επιπλέον, η βελτίωση του περιβαλλοντικού κόστους είναι η αναλογία του κόστους περιβαλλοντικής βελτίωσης διαιρούμενο με την περιβαλλοντική βελτίωση, ενώ η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κόστους είναι ακριβώς η αντίθετη αναλογία.

Η μέτρηση της eco-efficiency είναι εξαιρετικά σημαντική για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι με τη βελτίωσή της επιτυγχάνεται η μείωση των περιβαλλοντικών πιέσεων με τον πλέον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο και ο δεύτερος ότι οι πολιτικές που έχουν στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας υιοθετούνται ευκολότερα έναντι εκείνων που περιορίζουν το επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας (Kuosmanen & Kortelainen, 2005). Συνοψίζοντας, λοιπόν, η eco-efficiency μπορεί να βοηθήσει τις ανεπτυγμένες χώρες να αυξήσουν την παραγωγικότητα των πόρων τους, να ενθαρρύνει τις αναπτυσσόμενες χώρες να αξιοποιήσουν πλήρως το δυναμικό τους, χωρίς να εξαντλήσουν την υλική τους κληρονομιά, και να παράσχουν στις κυβερνήσεις τα βασικά στοιχεία για την ανάπτυξη καινοτόμων και ρεαλιστικών πολιτικών που ενεργοποιούν και επιτρέπουν στην κοινωνία να γίνει βιώσιμη (DeSimone & Poroff, 2000).

Προσαρμόζοντας την έννοια της αποδοτικότητας του Pareto-Koopmans μία μονάδα παραγωγής μπορεί να οριστεί ως eco-efficient εάν δεν είναι δυνατή η βελτίωση της αποδοτικότητας οποιουδήποτε περιβαλλοντικού κριτηρίου χωρίς την ταυτόχρονη μείωση ενός άλλου ή της οικονομικής προστιθέμενης αξίας (Kuosmanen, 2005). Αυτή η έννοια περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικά εφικτών επιλογών eco-efficiency, το λεγόμενο αποτελεσματικό όριο (efficient frontier) και ένας τρόπος για τον ποσοτικό προσδιορισμό της αποδοτικότητας είναι να μετρηθεί η απόσταση του παρατηρούμενου σημείου από το όριο (δηλ. το σύνορο καλύτερης πρακτικής), όπως αναφέρει ο Kuosmanen (2005). Αυτή η προσέγγιση της απόστασης στο όριο (distance to the frontier) έχει εφαρμοστεί σε πολλές μελέτες που αναλύουν την eco-efficiency, όπως αυτές των Tyteca (1996) και Dyckhoff & Allen (2001).

Εφαρμόζοντας το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο που θα αναπτυχθεί σε επόμενο κεφάλαιο οι Kuosmanen & Kortelainen (2005) αξιολογούν την eco-efficiency των οδικών μεταφορών στις τρεις μεγαλύτερες πόλεις της ανατολικής Φινλανδίας (Kuopio, Joensuu και Mikkeli) από ένα σύνολο 30 πόλεων της Φινλανδίας με πληθυσμό 25.000-125.000 κατοίκους. Εφαρμόζοντας την ΠΑΔ χρησιμοποιούν ως εισροές τους ρυπαντές, δηλ. τις μη επιθυμητές εκροές, και ως εκροές την προστιθέμενη οικονομική αξία, δηλ. τις επιθυμητές εκροές. Οι οικονομικές μεταβλητές είναι οι χιλιομετρικές αποστάσεις (σε million km) και η κατανάλωση καυσίμων (σε tons), ενώ οι περιβαλλοντικές πιέσεις είναι η κλιματική αλλαγή (σε tons of CO₂ equivalents), η οξίνιση (σε tons of acid equivalents), η ομίχλη (σε tons of HC: Hydrocarbons)

και η διασπορά σωματιδίων (σε tons of TPM: Total Particulate Matter). Επιλύοντας το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που παρουσίασαν προέκυψε ότι το Mikkeli είναι πλήρως αποδοτικό, με βαθμολογία 1.000, ενώ το Kuorio και Joensuu είναι οριακά μη αποδοτικά με βαθμολογία 0.988 και 0.980, αντίστοιχα. Μέσω, λοιπόν, της ΠΑΔ μπορούν να προσδιοριστούν οι μονάδες αναφοράς (benchmarks) από τις οποίες κάθε μη αποδοτική μονάδα μπορεί να ζητήσει συμβουλές και καθοδήγηση για την υιοθέτηση τεχνολογιών και μέτρων πολιτικής, με σκοπό τη μείωση των εκπομπών ρύπων.

Οι Halkos & Tzeremes (2013) ενσωματώνουν την επίδραση των πολιτιστικών αξιών 72 χωρών στη διαδικασία της eco-efficiency, βασιζόμενοι στην εργασία των Kuosmanen & Kortelainen (2005) και Kortelainen (2008). Με την εφαρμογή του δικού τους εμπειρικού μοντέλου παρουσιάζουν για πρώτη φορά τη μέτρηση της επίδρασης της κουλτούρας των χωρών στα επίπεδα της δικής τους eco-efficiency. Τα εμπειρικά τους αποτελέσματα δείχνουν ότι οι χώρες και οι κοινωνίες στις οποίες η εξουσία, ο πλούτος, η επιδεξιότητα και η κοινωνική θέση συνδέονται μεταξύ τους παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα eco-efficiency. Αυτό συμβαίνει διότι υπερσχύουν τα ατομικά συμφέροντα έναντι των συλλογικών, επικρατούν οι ιδεολογίες της ατομικής ελευθερίας, οι νόμοι και τα δικαιώματα είναι τα ίδια για όλους, ενώ ο ρόλος του κράτους περιορίζεται. Αντίθετα, όταν οι χώρες και οι κοινωνίες διέπονται από τις πολιτιστικές αξίες του συντηρητισμού, του εξτρεμισμού, του εθνικισμού και της ξеноφοβίας, ο ρόλος του κράτους κυριαρχεί και ασκείται πολιτική δύναμη από τα συμφέροντα κάποιων ομάδων, τότε αυτές έχουν χαμηλότερα επίπεδα eco-efficiency.

Χρησιμοποιώντας την directional distance function μέθοδο της ΠΑΔ οι Picazo-Tadeo et al. (2012) αξιολογούν την eco-efficiency, βασιζόμενοι στην εργασία των Kuosmanen & Kortelainen (2005). Υπολογίζουν ένα ευρύ φάσμα δεικτών της eco-efficiency που αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς στόχους όσον αφορά τις οικολογικές και οικονομικές επιδόσεις. Το δείγμα τους, στο οποίο κάνουν εφαρμογή το μεθοδολογικό τους πλαίσιο, αποτελείται από 55 καλλιεργητές ελιάς στη Νότια Ισπανία, ως μέρος μιας μεγαλύτερης ερευνητικής εργασίας για την ανάλυση της περιβαλλοντικής και οικονομικής επίδοσης της βιομηχανίας ελιάς στην Ανδαλουσία. Υποθέσανε τρία διαφορετικά σενάρια όπου η διάβρωση, ο κίνδυνος από φυτοφάρμακα και η ενέργεια μειώνονται αντιστοίχως, ενώ οι υπόλοιπες πιέσεις και η προστιθέμενη αξία παραμένουν σταθερές. Καταλήγουν στο γενικό συμπέρασμα ότι βελτιώνοντας την αποδοτικότητα της παραγωγής, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας πιο εξειδικευμένες τεχνικές και πρακτικές διαχείρισης, αποτελεί τον οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο μείωσης των περιβαλλοντικών πιέσεων, χωρίς να μειωθεί το αγροτικό εισόδημα.

Οι Picazo-Tadeo et al. (2014) αξιολογούν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 28 κατά την περίοδο 1990-2011, βασιζόμενοι σε προηγούμενη έρευνα του Kortelainen (2008). Χρησιμοποιούν την directional distance function μέθοδο και τους περιβαλλοντικούς δείκτες Luenberger για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων διαχρονικά σε επίπεδο διαχείρισης των ρύπων, ως αποτέλεσμα στην αλλαγή της eco-efficiency και της περιβαλλοντικής τεχνολογικής αλλαγής. Τα κύρια αποτελέσματα ήταν ότι οι περιβαλλοντικές επιδόσεις βελτιώθηκαν αισθητά αυτή την περίοδο, λόγω της προόδου των περιβαλλοντικών τεχνικών, όχι, όμως, και η eco-efficiency που παρέμεινε ουσιαστικά στάσιμη. Επομένως, προτείνουν περαιτέρω μέτρα πολιτικής που στοχεύουν στην ενίσχυση της eco-efficiency, με σκοπό τη βελτίωση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας αυτών των χωρών όσον αφορά τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Οι Rashidi & Saen (2015) πρότειναν ένα μοντέλο της ΠΑΔ για να αξιολογήσουν την eco-efficiency ορισμένων χωρών του ΟΟΣΑ (19 χωρών). Για τον εντοπισμό όλων των πτυχών της eco-efficiency χώρισαν τις εισροές σε ενεργειακές και μη ενεργειακές και τις εκροές σε επιθυμητές και μη επιθυμητές. Επίσης, χωρίζουν τις μεταβλητές σε διακριτούς και μη διακριτούς παράγοντες. Υπολογίζοντας την eco-efficiency έκαναν εκτιμήσεις για την πιθανότητα μείωσης τόσο της κατανάλωσης ενέργειας όσο και των μη επιθυμητών εκροών. Οι χώρες που βρέθηκαν να είναι eco-efficient είναι η Αυστραλία, η Φινλανδία, η Ιρλανδία, η Νέα Ζηλανδία και η Ελβετία, ενώ οι υπόλοιπες είναι μη αποδοτικές. Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης Spearman μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και μη επιθυμητών εκροών ήταν πολύ υψηλός, γεγονός που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η χρήση των ενεργειακών εισροών τόσο περισσότερες μη επιθυμητές εκροές έχουμε.

Ο Lahouel (2016) εφάρμοσε την ΠΑΔ για να αξιολογήσει την eco-efficiency σε 17 γαλλικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα των υπηρεσιών σε καταναλωτές. Εξετάζει τη μέτρηση της eco-efficiency όταν επιθυμητές και μη επιθυμητές εκροές παράγονται από κοινού, αποδομώντας τη σε δύο μέρη: την τεχνική και την οικολογική αποδοτικότητα. Η μελέτη διεξήχθη μεταξύ των ετών 2011 και 2012 και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο τρεις επιχειρήσεις είναι σχετικά eco-efficient. Επιπρόσθετα, έδειξαν μια σχέση αντιστρόφως ανάλογη μεταξύ του τζίρου και τον αριθμό των εργαζομένων με τις τιμές της eco-efficiency.

2.3 Ανασκόπηση μεθοδολογίας

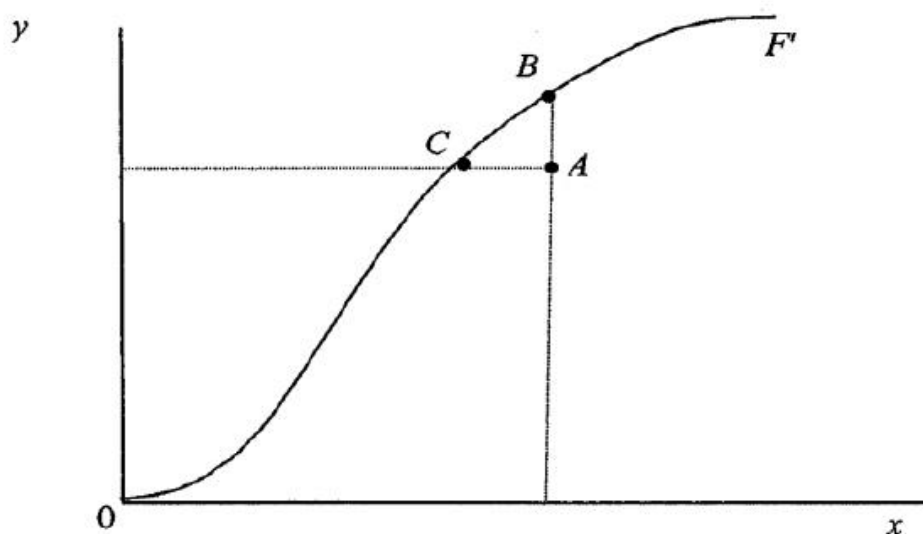
2.3.1 Βασικοί ορισμοί

Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών της μέτρησης της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας είναι σημαντικό να γίνει αναφορά σε κάποιες βασικές έννοιες των οικονομικών της παραγωγής, όπως είναι η παραγωγικότητα (productivity), η συνάρτηση παραγωγής (production function), το όριο παραγωγής (production frontier), οι αποδόσεις κλίμακας (returns to scale), η τεχνολογία παραγωγής (production technology) και η συνάρτηση απόστασης (distance function), σύμφωνα με το βιβλίο των Coelli et al. (2005).

Η παραγωγικότητα μιας επιχείρησης ορίζεται ως ο λόγος της εκροής-προϊόντος (output) που παράγει προς την εισροή (input) που χρησιμοποιεί, δηλαδή $productivity = outputs / inputs$. Αυτός ο λόγος ισχύει και όταν μια επιχείρηση κατά την παραγωγική διαδικασία χρησιμοποιεί περισσότερες από μία εισροές για την παραγωγή περισσότερων του ενός προϊόντος. Μάλιστα, πιο ειδικά όταν μιλάμε για παραγωγικότητα αναφερόμαστε στην συνολική παραγωγικότητα του προϊόντος (total factor productivity) η οποία περιλαμβάνει όλους τους συντελεστές παραγωγής μιας επιχείρησης.

Σύμφωνα με τους Coelli et al. (2005) οι έννοιες της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας χρησιμοποιούνται τελευταία αρκετά συχνά εναλλακτικά, διαφέροντας, όμως, μεταξύ τους. Θεώρησαν, λοιπόν, μια παραγωγική διαδικασία κατά την οποία χρησιμοποιείται μια εισροή (x) για την παραγωγή μιας εκροής (y). Στο σχήμα 2.1 η καμπύλη OF αναπαριστά το όριο παραγωγής (production frontier) που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ της εισροής και της εκροής. Το όριο παραγωγής αντιπροσωπεύει το μέγιστο δυνατό προϊόν που παράγεται από κάθε επίπεδο εισροής και ουσιαστικά αντανακλά την τεχνολογία μιας επιχείρησης. Οι επιχειρήσεις που είναι πάνω στο όριο παραγωγής, όπως είναι οι B και C, είναι τεχνικά αποδοτικές, ενώ η A είναι τεχνικά μη αποδοτική (σχ. 2.1). Η επιχείρηση στο σημείο A θα μπορούσε να γίνει τεχνικά αποδοτική εάν αύξανε την εκροή της στο επίπεδο του σημείου B, χωρίς να απαιτείται επιπλέον εισροή. Τέλος, στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται η έννοια του εφικτού συνόλου παραγωγής (feasible production set) το οποίο αποτελείται από όλους τους συνδυασμούς των εισροών-εκροών που είναι εφικτοί και περικλείει όλα τα σημεία που βρίσκονται ανάμεσα από την καμπύλη OF και τον άξονα x . Όλα τα σημεία κατά μήκος του ορίου παραγωγής καθορίζουν το υποσύνολο της αποδοτικότητας του συγκεκριμένου εφικτού συνόλου παραγωγής.

Σχήμα 2.1 : Όριο παραγωγής και τεχνική αποδοτικότητα



(Πηγή: Coelli et al. 2005, σελ. 4)

Επιπρόσθετα, η συνάρτηση παραγωγής μιας επιχείρησης που χρησιμοποιεί ποσότητες από N εισροές (π.χ. εργασία, πρώτες ύλες, κ.λπ.) για την παραγωγή μιας εκροής δίνεται από τον τύπο:

$$q = f(x) \quad (1)$$

Όπου το q αντιπροσωπεύει τις εκροές και το $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)'$ είναι ένα διάνυσμα των εισροών $N \times 1$.

Όσον αφορά τις αποδόσεις κλίμακας, αυτές περιγράφουν πώς μεταβάλλεται το επίπεδο του προϊόντος καθώς μεταβάλλονται τα επίπεδα όλων των εισροών σε ευθεία αναλογία (π.χ. όλες οι εισροές διπλασιάζονται ή υποδιπλασιάζονται). Έτσι, εάν μια αναλογική αύξηση όλων των εισροών αποφέρει αναλογικά μικρότερη αύξηση της εκροής (π.χ. ο διπλασιασμός των εισροών αυξάνει λιγότερο από δύο φορές το επίπεδο της εκροής), τότε λέμε ότι η λειτουργία της παραγωγής εμφανίζει φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας (decreasing returns to scale) (εξ. 2). Εάν μια αναλογική αύξηση όλων των εισροών αποφέρει ίση αύξηση της εκροής (π.χ. ο διπλασιασμός των εισροών διπλασιάζει και το επίπεδο της εκροής), τότε λέμε ότι η λειτουργία της παραγωγής εμφανίζει σταθερές αποδόσεις κλίμακας (constant returns to scale) (εξ. 3). Τέλος, εάν μια αναλογική αύξηση όλων των εισροών αποφέρει αναλογικά μεγαλύτερη αύξηση της εκροής (π.χ. ο διπλασιασμός των εισροών αυξάνει περισσότερο από δύο φορές το επίπεδο της εκροής), τότε λέμε ότι η λειτουργία της παραγωγής εμφανίζει αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (increasing returns to scale) (εξ. 4). Μεταβάλλοντας όλες τις εισροές κατά ένα ποσό $k > 1$, τότε προκύπτουν οι παρακάτω μαθηματικές εξισώσεις:

$$f(kx) < kf(x) \leftrightarrow DRS \quad (2)$$

$$f(kx) = kf(x) \leftrightarrow CRS \quad (3)$$

$$f(kx) > kf(x) \leftrightarrow IRS \quad (4)$$

Μια πολύ σημαντική έννοια στη θεωρία των οικονομικών παραγωγής είναι αυτή της τεχνολογίας παραγωγής (production technology) μέσω της οποίας γίνεται κατανοητή η έννοια της συνάρτησης απόστασης (distance function) που είναι κρίσιμη για τη μέτρηση της παραγωγικότητας. Οι Coelli et al. (2005) για να περιγράψουν μια τεχνολογία παραγωγής πολλαπλών εισροών (multiple-input) και πολλαπλών εκροών (multiple-output) χρησιμοποιούν το τεχνολογικό σύνολο S . Ακολουθώντας τη θεώρηση των Färe & Primont (1995) συμβολίζουν με x και q ένα διάνυσμα εισροών $N \times 1$ πραγματικών, μη αρνητικών αριθμών και ένα διάνυσμα εκροών $M \times 1$ μη αρνητικών αριθμών, αντίστοιχα. Τότε, το τεχνολογικό σύνολο S ορίζεται ως:

$$S = \{(x,q): \text{όπου το } x \text{ μπορεί να παράγει το } q\} \quad (5)$$

και περιλαμβάνει όλα τα διανύσματα εισροών-εκροών, έτσι ώστε το x να μπορεί να παράγει το q . Εδώ σημειώνεται ότι η τεχνολογία παραγωγής μπορεί να αναπαρασταθεί και να περιγραφεί ισοδύναμα με τη χρήση τόσο ενός συνόλου εκροών όσο και ενός συνόλου εισροών.

Η τεχνολογία παραγωγής S μπορεί να οριστεί ισοδύναμα χρησιμοποιώντας το σύνολο των εκροών που αντιπροσωπεύει το σύνολο όλων των διανυσμάτων εκροής, q , τα οποία μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας το διάνυσμα εισροής x . Σημειωτικά αποδίδεται ως εξής:

$$P(x) = \{q: \text{όπου το } x \text{ μπορεί να παράγει το } q\} = \{q : (x,q) \in S\}. \quad (6)$$

Οι ιδιότητες του συνόλου εκροών συνοψίζονται παρακάτω. Για κάθε x το σύνολο των εκροών $P(x)$ ικανοποιούν τα εξής:

- (i) $0 \in P(x)$: μπορεί να μην παραχθεί τίποτα από ένα δοθέν σύνολο εκροών
- (ii) μη μηδενικά επίπεδα εκροής δεν μπορούν να παραχθούν από μηδενικά επίπεδα εισροής
- (iii) η $P(x)$ ικανοποιεί ισχυρή κατανομή των εκροών: εάν $q \in P(x)$ και $q^* < q$ τότε $q^* \in P(x)$ ¹
- (iv) η $P(x)$ ικανοποιεί ισχυρή κατανομή των εισροών: εάν το q παράγεται από το x τότε το q παράγεται από κάθε $x^* > x^2$
- (v) η $P(x)$ είναι κλειστή
- (vi) η $P(x)$ είναι οριοθετημένη και
- (vii) η $P(x)$ είναι κυρτή

¹Μια εναλλακτική θεώρηση της ισχυρής κατανομής είναι η «ασθενής κατανομή», η οποία δηλώνει ότι εάν ένα διάνυσμα εκροών, q , μπορεί να παραχθεί από ένα δοθέν διάνυσμα εισροής, x , τότε οποιαδήποτε συστολή του q , λq , με $0 < \lambda < 1$, μπορεί επίσης να παραχθεί με το x . Είναι εμφανές ότι η ισχυρή κατανομή συνεπάγεται ασθενή κατανομή, δεν ισχύει όμως το αντίστροφο.

² Εφόσον το x^* και το x είναι διανύσματα, τότε το $x^* > x$ ισχύει όταν όλα τα στοιχεία του x^* είναι μεγαλύτερα ή ίσα με τα αντίστοιχα στοιχεία στο x , αλλά αυστηρά μεγαλύτερα για τουλάχιστον ένα στοιχείο.

Η υπόθεση του κλειστού είναι μια μαθηματική απαίτηση, αλλά η οριοθέτηση της $P(x)$ υποδηλώνει ότι δεν μπορούν να παραχθούν απεριόριστα επίπεδα εκροών από ένα δοθέν σύνολο εισροών. Η κυρτότητα υποδηλώνει ότι εάν δύο συνδυασμοί εκροών μπορούν να παραχθούν από ένα δοθέν διάνυσμα εισροής x , τότε οποιοσδήποτε σταθμισμένος μέσος όρος αυτών των διανυσμάτων εκροής μπορούν, επίσης, να παραχθούν.

Από την άλλη, όσον αφορά το σύνολο της εισροής που σχετίζεται με ένα δοθέν διάνυσμα εκροής, y , ορίζεται ως:

$$L(q) = \{x: \text{το } x \text{ μπορεί να παράγει το } q\} = \{x: (x, q) \in S\} \quad (7)$$

Το σύνολο της εισροής αποτελείται από όλα τα διανύσματα εισροών, x , που μπορούν να παράγουν ένα δοθέν διάνυσμα εκροής, q .

Με βάση τις βασικές θεωρήσεις της τεχνολογίας παραγωγής, εξάγονται οι ακόλουθες ιδιότητες του συνόλου των εισροών.

- (i) η $L(q)$ είναι κλειστή για όλα τα q
- (ii) η $L(q)$ είναι κυρτή για όλα τα q
- (iii) οι εισροές είναι ασθενώς κατανεμημένες εάν $x \in L(q)$, τότε, για όλα τα $\lambda > 1$, $\lambda x \in L(q)$
και
- (iv) οι εισροές είναι ισχυρά κατανεμημένες εάν $x \in L(q)$ και εάν $x^* > x$, τότε $x^* \in L(q)$

Καθώς τα σύνολα εκροών και εισροών παρέχουν εναλλακτικές περιγραφές της ίδιας βασικής τεχνολογίας, αυτά τα δύο είναι, επίσης, αλληλένδετα. Αυτό μπορούμε εύκολα να το δούμε εάν το q ανήκει στο $P(x)$, δηλαδή το q μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας το διάνυσμα εισροής x , τότε το x ανήκει στο σύνολο εισροών του q , $L(q)$. Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι αυτές οι περιγραφές είναι ισοδύναμες διότι περιέχουν τις ίδιες πληροφορίες.

2.3.2 Μέτρηση αποδοτικότητας

2.3.2.1 Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ) είναι μία μη-παραμετρική μέθοδος μέτρησης της σχετικής αποδοτικότητας των επιχειρήσεων με πολλαπλές εισροές και πολλαπλές εκροές (Charnes et al. (1978). Οι Coelli et al. (2005) αναφέρουν ότι η ΠΑΔ περιλαμβάνει τη χρήση μεθόδων γραμμικού προγραμματισμού για την κατασκευή ενός ορίου (frontier) με βάση το σύνολο των δεδομένων και, επομένως, τα μέτρα της αποδοτικότητας υπολογίζονται σε σχέση με αυτό το όριο. Το πρώτο μη-παραμετρικό μοντέλο της ΠΑΔ το ανέπτυξαν οι Charnes et al.

(1978) βασιζόμενοι στη μεθοδολογία που ανέπτυξε ο Farrell (1957) για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των παραγωγικών μονάδων.

Η ΠΑΔ μετράει την σχετική αποδοτικότητα ενός συνόλου ομογενών και συγκρίσιμων ομάδων, των Μονάδων Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ ή DMU's), οι οποίες χρησιμοποιούν συγκεκριμένες εισροές και μέσω της τεχνολογίας παραγωγής δίνουν και τις αντίστοιχες εκροές. Αυτή η προσέγγιση καθορίζει ένα «αποτελεσματικό σύνο» που διαμορφώνεται από ένα σύνολο των ΜΛΑ που παρουσιάζουν βέλτιστες πρακτικές και στη συνέχεια καθορίζει το επίπεδο αποτελεσματικότητας σε άλλες μονάδες εκτός συνόρου, ανάλογα με την απόστασή τους από το αποτελεσματικό σύνο (Liu et al., 2013). Άρα, όσες μονάδες βρίσκονται πάνω σε αυτό το αποτελεσματικό σύνο είναι 100% αποδοτικές, ενώ οι υπόλοιπες εκτός αυτού του συνόρου είναι μη αποδοτικές.

Οι ΜΛΑ που είναι μη αποδοτικές για να φτάσουν στο όριο αποδοτικότητας μπορούν να βελτιωθούν, είτε μειώνοντας τις εισροές τους, είτε αυξάνοντας τις εκροές τους. Αυτό είναι το λεγόμενο δυϊκό πρόβλημα στην παραγωγική διαδικασία - αφορά τη μέτρηση της αποδοτικότητας με μοντέλο οριοθετημένο ως προς τις εισροές (input-oriented) ή οριοθετημένο ως προς τις εκροές (output-oriented) - το οποίο αναπτύσσεται παρακάτω. Το δυϊκό, λοιπόν, πρόβλημα μέτρησης της αποδοτικότητας εντοπίζεται στον προσανατολισμό των επιχειρήσεων, μεταξύ των δύο επιλογών που έχουν, προκειμένου να καταστούν αποδοτικές. Έτσι, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, είτε ελαχιστοποιούν τις εισροές τους κρατώντας σταθερές τις εκροές τους, στην περίπτωση που έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στην παραγωγική διαδικασία, είτε μεγιστοποιούν τις εκροές τους διατηρώντας σταθερές τις εισροές τους, στην περίπτωση που έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στην παραγωγή των προϊόντων.

Το input-oriented μοντέλο, με βάση το απαιτούμενο σύνολο εισροών και το αποτελεσματικό του όριο (efficiency frontier), στοχεύει στην όσο το δυνατόν μείωση των ποσοτήτων των εισροών με ταυτόχρονη διατήρηση του επιπέδου των εκροών. Αυτό ονομάζεται, επίσης, “εξοικονόμηση εισροής” (“input-saving”) προσέγγιση που δηλώνει ότι το επίπεδο των εκροών παραμένει αμετάβλητο και οι ποσότητες των εισροών μειώνονται αναλογικά μέχρι να φτάσουν στο όριο (Daraio & Simar 2007, σελ. 30). Το output-oriented μοντέλο στοχεύει στη μεγιστοποίηση του επιπέδου των εκροών με βάση την τρέχουσα χρήση των εισροών. Αυτή η προσέγγιση είναι, επίσης, γνωστή ως “αύξηση εκροής” (“output-augmenting”) και δηλώνει ότι οι ποσότητες των εισροών παραμένουν αμετάβλητες ενώ το επίπεδο των εκροών επεκτείνεται μέχρι να φτάσουν στο όριο (Daraio & Simar 2007, σελ. 30).

Η ΠΑΔ είναι μια πολύ δημοφιλής μέθοδος μέτρησης της αποδοτικότητας για ομοειδείς ΜΛΑ. Μάλιστα, σύμφωνα με τους Emrouznejad & Yang (2018) παρατηρείται μια συνεχής και

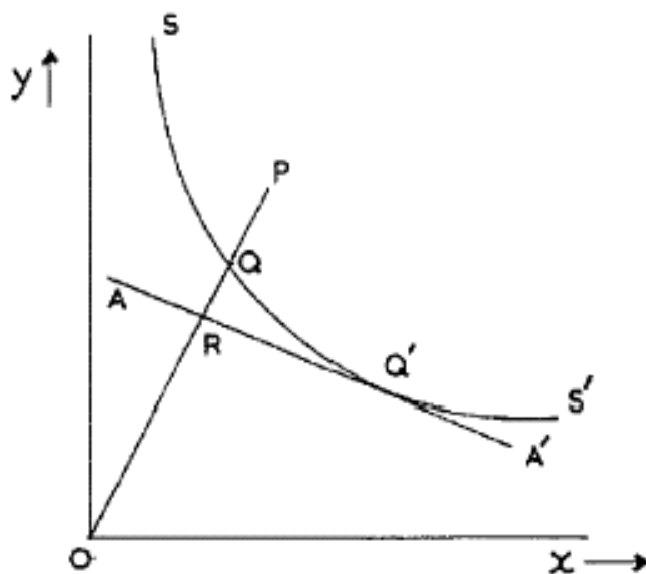
ραγδαία αύξηση των μελετών που σχετίζονται με την ΠΑΔ μετά την εισαγωγή της από τους Charnes et al. (1978). Βρίσκει, λοιπόν, εφαρμογή σε πολλά επιστημονικά πεδία, όπως είναι η αξιολόγηση νοσοκομείων, πανεπιστημίων, σχολείων, δημόσιων οργανισμών, τραπεζών, χωρών, κ.λπ.. Σημειώνεται, δε, ότι αρχικά προορίζονταν να εφαρμοστεί στο δημόσιο τομέα και σε μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς, όπου τυπικά δεν προέχουν οι οικονομικοί στόχοι. Τέλος, έχει συχνά χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν τα αίτια της αναποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων σε σχέση με την κερδοφορία τους ή με το αν κάποιες συγχωνεύσεις ήταν συμφέρουσες (Cooper et al., 2006).

2.3.2.2 Μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Ο Farrell (1957) ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε την έννοια της αποδοτικότητας μιας επιχείρησης καθορίζοντας το αποδοτικό όριο (efficiency frontier). Μια επιχείρηση θεωρείται αποδοτική όταν παράγει τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα προϊόντος (εκροή) από μία δεδομένη ποσότητα εισροών, με την προϋπόθεση ότι οι μετρήσεις έχουν γίνει σωστά (Farrell, 1957). Ο Farrell (1957) μέτρησε την τεχνική αποδοτικότητα (technical efficiency), την αποδοτικότητα τιμής (price efficiency) και την ολική αποδοτικότητα (overall efficiency).

Συγκεκριμένα, ο Farrell (1957) κάνει την υπόθεση ότι μια επιχείρηση χρησιμοποιεί δύο συντελεστές παραγωγής (εισροές) για να παράγει ένα και μόνον προϊόν (εκροή), έχοντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS). Επίσης, η αποδοτική συνάρτηση παραγωγής είναι γνωστή, γεγονός που σημαίνει ότι είναι γνωστή η εκροή που θα παράγει μια πλήρως αποδοτική επιχείρηση από κάθε δυνατό συνδυασμό των εισροών. Σχηματικά όλες οι σχετικές παραδοχές παρουσιάζονται σε ένα διάγραμμα ισοπροϊόντος (isoquant) (διάγρ. 2.1). Το σημείο P αντιπροσωπεύει τις εισροές των δύο συντελεστών παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος που μπορεί να χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση. Η καμπύλη SS' (καμπύλη ισοπροϊόντος) αναπαριστά όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των δύο συντελεστών που μπορεί να χρησιμοποιήσει μια πλήρως αποδοτική επιχείρηση έτσι ώστε να παράγει μία μονάδα εκροής. Το σημείο Q αναπαριστά μια αποδοτική επιχείρηση που χρησιμοποιεί τους συντελεστές παραγωγής με την ίδια αναλογία με την επιχείρηση που βρίσκεται στο σημείο P.

Διάγραμμα 2.1: Καμπύλη ισοπροϊόντος



(Πηγή: Farrell 1957, σελ. 254)

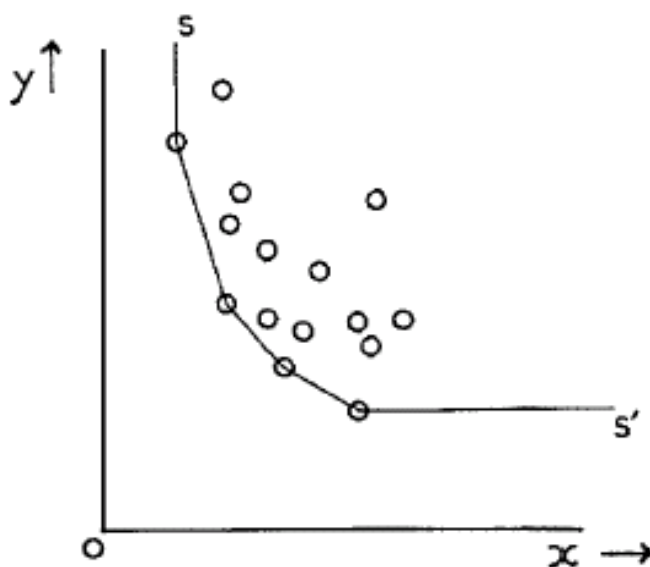
Παρατηρώντας το διάγραμμα 2.1 διαπιστώνουμε ότι η επιχείρηση στο σημείο Q παράγει την ίδια ποσότητα εκροής με την επιχείρηση που βρίσκεται στο σημείο P, χρησιμοποιώντας μόνο την ποσότητα OQ/OP από κάθε εισροή. Επίσης, παράγει OP/OQ φορές περισσότερη εκροή από τις ίδιες εισροές. Η αναλογία OQ/OP που προκύπτει από τα παραπάνω ορίζεται ως η τεχνική αποδοτικότητα της επιχείρησης του σημείου P. Αυτός ο λόγος έχει όλες τις ιδιότητες που χρειάζεται ένα μέτρο αποδοτικότητας και επομένως παίρνει την τιμή 1 (ή 100%) όταν μια επιχείρηση είναι πλήρως αποδοτική, ενώ παίρνει μικρότερες τιμές της μονάδας όταν οι ποσότητες των εισροών ανά μονάδα εκροής αυξάνονται. Επιπλέον, όσο η κλίση της καμπύλης ισοπροϊόντος SS' είναι αρνητική, μια αύξηση της εισροής ανά μονάδα εκροής, κρατώντας τους υπόλοιπους συντελεστές παραγωγής σταθερούς, θα έχει σαν αποτέλεσμα η τεχνική αποδοτικότητα να είναι χαμηλότερη. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι είναι αναγκαία η μέτρηση του βαθμού στον οποίο μια επιχείρηση χρησιμοποιεί τους συντελεστές παραγωγής της στη βέλτιστη αναλογία, λαμβάνοντας υπόψη και τις τιμές τους.

Στο διάγραμμα 2.1 εάν η κλίση της AA' (γραμμή ισοκόστους) είναι ίση με την αναλογία των τιμών των δύο συντελεστών, τότε το σημείο Q' θα αποτελεί τη βέλτιστη μέθοδο παραγωγής και όχι το Q. Παρόλο που τα δύο αυτά σημεία αντιπροσωπεύουν το 100% της βέλτιστης αποδοτικότητας, το κόστος παραγωγής στο σημείο Q' θα είναι ο λόγος OR/OQ από αυτό στο σημείο Q, ο οποίος λόγος ορίζεται ως η αποδοτικότητα τιμής στο σημείο Q. Στην περίπτωση που η επιχείρηση αλλάξει την αναλογία των εισροών της μέχρι να γίνουν ίσες με αυτές του σημείου Q' , διατηρώντας σταθερή της τεχνική της αποδοτικότητα, τότε τα κόστη της θα

μειωθούν κατά OR/OQ , εφόσον οι τιμές δεν αλλάξουν. Επομένως, η αναλογία αυτή είναι, επίσης, η αποδοτικότητα τιμής της επιχείρησης του σημείου P . Βεβαίως, ο παραπάνω ισχυρισμός δεν είναι απόλυτα ορθός, καθώς δεν μπορεί να προβλεφθεί τί θα συμβεί στην τεχνική αποδοτικότητα μιας επιχείρησης όταν αλλάξει τις αναλογίες των εισροών της, πλην όμως φαίνεται να είναι η καλύτερη διαθέσιμη προσέγγιση (δίνει την ίδια αποδοτικότητα τιμής για επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τους ίδιους συντελεστές παραγωγής στις ίδιες αναλογίες). Τέλος, εάν η επιχείρηση είναι πλήρως αποδοτική, τόσο τεχνικά όσο και με τις τιμές, τότε τα κόστη της θα είναι ο λόγος OR/OP ο οποίος ορίζεται ως ολική αποδοτικότητα (δηλ. ισούται με την τεχνική αποδοτικότητα και την αποδοτικότητα τιμής).

Στο σημείο αυτό, ο Farrell (1957) εκτιμά την αποδοτική συνάρτηση παραγωγής (efficient production function) παρατηρώντας τις εισροές και εκροές ενός συνόλου επιχειρήσεων. Βασιζόμενος στις ίδιες υποθέσεις που προαναφέρθηκαν, κάθε επιχείρηση αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο στην καμπύλη ισοπροϊόντος, με αποτέλεσμα το σύνολο των επιχειρήσεων να δημιουργήσει ένα διάγραμμα διασποράς (διάγρ. 2.2). Η αποδοτική συνάρτηση παραγωγής απεικονίζεται ως μια καμπύλη ισοπροϊόντος και το ζητούμενο είναι η εκτίμηση μιας αποδοτικής καμπύλης ισοπροϊόντος από το διάγραμμα διασποράς.

Διάγραμμα 2.2: Διάγραμμα διασποράς



(Πηγή: Farrell 1957, σελ. 256)

Υποθέτοντας ότι η καμπύλη ισοπροϊόντος είναι κυρτή ως προς την αρχή των αξόνων και η κλίση δεν είναι ποθενά θετική, τότε η καμπύλη SS' είναι η λιγότερο αισιόδοξη εκτίμηση αυτής. Η καμπύλη SS' αντιπροσωπεύει το ελάχιστο αναμενόμενο επίπεδο αποδοτικότητας το

οποίο συνάδει με τις παρατηρούμενες τιμές και ικανοποιεί τις δύο υποθέσεις. Επομένως, η καμπύλη SS' μπορεί να θεωρηθεί ως η εκτίμηση της αποδοτικής καμπύλης ισοπροϊόντος. Αυτή η μέθοδος μέτρησης της τεχνικής αποδοτικότητας μιας επιχείρησης περιλαμβάνει τη σύγκρισή της με μια υποθετική επιχείρηση που χρησιμοποιεί τους συντελεστές παραγωγής με την ίδια αναλογία. Η υποθετική αυτή επιχείρηση κατασκευάστηκε σαν ένας σταθμισμένος μέσος όρος των δύο παρατηρούμενων επιχειρήσεων και οι σταθμίσεις αυτές επιλέχθηκαν ώστε να επιτυγχάνονται οι επιθυμητές αναλογίες των συντελεστών παραγωγής.

Βέβαια, αναφέρεται ότι στην περίπτωση της γενίκευσης ενός μοντέλου όπου έχουμε πολλές εισροές και πολλές εκροές το διάγραμμα ισοπροϊόντος πρέπει να εγκαταλειφθεί, διατηρώντας, όμως, αμετάβλητη τη βασική αρχή του σχηματισμού μιας υποθετικής επιχείρησης ως ο σταθμισμένος μέσος του κατάλληλου αριθμού των παρατηρούμενων επιχειρήσεων. Πιο συγκεκριμένα, η καμπύλη SS' γεωμετρικά καθορίζεται από ένα ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει ζεύγη σημείων ενός συνόλου σημείων A που περιλαμβάνει τα παρατηρούμενα σημεία, καθώς και τα σημεία $(0, \infty)$ και $(\infty, 0)$. Τα δύο τελευταία σημεία στο άπειρο συμπεριλαμβάνονται για να εξηγήσουν τα τμήματα της καμπύλης SS' που είναι παράλληλα στους άξονες. Η επιλογή αυτών των ζευγαριών σημείων έγινε έτσι ώστε το ευθύγραμμο τμήμα που τα ενώνει να ικανοποιεί τις δύο βασικές προϋποθέσεις που είναι ότι: α) η κλίση της καμπύλης δεν είναι θετική και β) ότι δεν υπάρχει κανένα σημείο ανάμεσα σε αυτό και στην αρχή των αξόνων.

Σε συνέχεια του Farrell (1957) αυτοί οι οποίοι ασχολήθηκαν με την ΠΑΔ ήταν οι Charnes et al. (1978), υπό την προϋπόθεση των σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CRS). Ανέπτυξαν ένα υπόδειγμα μαθηματικού σχεδιασμού, γνωστό και ως υπόδειγμα CCR από τα αρχικά των ερευνητών, (χρησιμοποιώντας την ανάλυση ισοπροϊόντος του Farrell) για τη μέτρηση του ορίου τεχνικής αποδοτικότητας και υπολόγισαν την αποδοτικότητα μιας Μονάδας Λήψης Αποφάσεων (ΜΛΑ) σε σχέση με την αποδοτικότητα μιας άλλης ΜΛΑ. Μια επέκταση του CCR μοντέλου ανέπτυξαν οι Banker et al. (1984), γνωστό και ως υπόδειγμα BCC υπό την προϋπόθεση των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (VRS), με σκοπό να μετρήσουν την καθαρή τεχνική αποδοτικότητα. Έτσι, προσδιόρισαν μία επιφάνεια αποδοτικής παραγωγής με την οποία επιτρέπεται να καθοριστούν οι αποδόσεις κλίμακας, δηλ. αύξουσες, σταθερές και φθίνουσες, σε τμήματα της επιφάνειας παραγωγής.

2.3.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Η μέθοδος της ΠΑΔ προσφέρει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα έναντι άλλων οικονομετρικών προσεγγίσεων μέτρησης της αποδοτικότητας. Από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι ότι μπορεί να συμπεριλάβει πολλαπλά δεδομένα εισροών και εκροών κατά την αξιολόγηση μιας μονάδας (multiple inputs and outputs). Δεύτερο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτείται η παραδοχή μιας συναρτησιακής μορφής συσχέτισης μεταξύ των εισροών και των εκροών, δηλαδή δεν απαιτείται πρότερη γνώση της συνάρτησης παραγωγής (prior knowledge of production form) στην κατασκευή του συνόρου αποδοτικότητας. Για αυτό τον λόγο θεωρείται ως μία μη παραμετρική μέθοδος και βασίζεται σε πραγματικές παρατηρήσεις εισροών- εκροών τις οποίες μετρούμε στις φυσικές τους κλίμακες.

Τρίτον, μπορεί να χρησιμοποιεί εισροές και εκροές που είναι εκφρασμένες σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης. Επίσης, η ΠΑΔ μπορεί να χειριστεί το ίδιο αποτελεσματικά τόσο προβλήματα ελαχιστοποίησης των εισροών (input orientation), όσο και προβλήματα μεγιστοποίησης των εκροών (output orientation), ενώ χειρίζεται προβλήματα που αναλύουν τόσο τα επίπεδα ποσοτήτων όσο και τα επίπεδα τιμών. Ακόμη, τα σχετικά βάρη (weights) των μεταβλητών δεν είναι απαραίτητο να είναι γνωστά από πριν (Song et al., 2012). Τέλος, μπορεί να θέσει σημεία αναφοράς, τα λεγόμενα benchmarks.

Από την άλλη πλευρά, λόγω της ντετερμινιστικής φύσης της ΠΑΔ, δεν μπορεί να διακρίνει την ύπαρξη στατιστικού θορύβου (statistical noise) (Daraio & Simar, 2007), καθώς οι όποιες αποκλίσεις των παρατηρούμενων ποσοτήτων εισροών-εκροών από το εν δυνάμει όριο αποδίδονται στη μη αποτελεσματικότητα. Επίσης, δεν μπορεί να διαχειριστεί τις ακραίες τιμές (outliers) που δημιουργούν προβλήματα στις εκτιμήσεις, ενώ δεν μπορούμε να δημιουργήσουμε διαστήματα εμπιστοσύνης για την τεκμηρίωση των εκτιμήσεων. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το εν λόγω πρόβλημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάποιες στατιστικές τεχνικές, όπως είναι η μέθοδος προσομοίωσης (bootstrap) (εκτιμά το τυποποιημένο σφάλμα, τα διαστήματα εμπιστοσύνης και την δειγματική κατανομή), έτσι ώστε να παρέχονται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα για τις ΜΛΑ (Zhou et al., 2008a).

Δεδομένου ότι η μέθοδος της ΠΑΔ βασίζεται στην αξιολόγηση της σχετικής αποτελεσματικότητας των συγκρίσιμων μονάδων σε ένα γενικό πλαίσιο που επιτρέπει τα δεδομένα να «μιλήσουν από μόνα τους», αυτά θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σωστά, ακριβή, αξιόπιστα και συνάμα το μέγεθος του δείγματος θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο

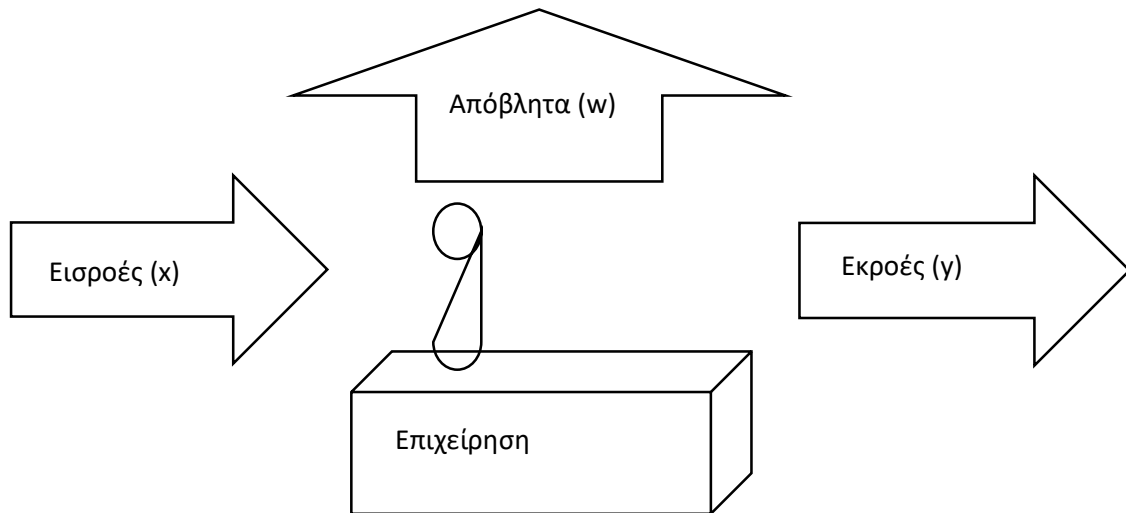
(Zhang et al., 2008). Μάλιστα, κατά την εφαρμογή μη παραμετρικών τεχνικών και ιδιαίτερα της ΠΑΔ, τα αποτελέσματα υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς. Επίσης, είναι πολύ ευαίσθητα σε οποιαδήποτε μικρή αλλαγή των δεδομένων (Zhou et al., 2008a, b) αφού μετρά σχετική αποδοτικότητα ως προς έναν συνδυασμό των ΜΛΑ. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η ντετερμινιστική φύση της ΠΑΔ μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα μέτρησης λόγω του γεγονότος ότι είναι ευαίσθητη σε ακραίες τιμές (Zhang, 2002).

2.3.3 Μέτρηση περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και *eco-efficiency*

Η βιβλιογραφία που αφορά την περιβαλλοντική αποδοτικότητα είναι στενά συνδεδεμένη προς τη θεωρία παραγωγής και την μέθοδο της ΠΑΔ. Όταν μιλάμε για περιβαλλοντική αποδοτικότητα, αναπόφευκτα, εμφανίζονται επιθυμητοί και μη επιθυμητοί παράγοντες. Έτσι, η αναποτελεσματικότητα στην παραγωγική διαδικασία υφίσταται επειδή οι εκροές είναι μη επιθυμητές (ρυπαντές) και θα πρέπει να εξεταστούν διαφορετικά όταν ερευνούμε την παραγωγική διαδικασία (Seiford & Zhu, 2002). Όπως γνωρίζουμε, η κλασσική μέθοδος ΠΑΔ επιτρέπει τη μείωση μόνο των εισροών και την αύξηση μόνο των εκροών. Εδώ προσεγγίζουμε την ανάπτυξη μέτρων αποδοτικότητας, επεκτείνοντας την παραδοσιακή μέθοδο ανάλυσης της αποδοτικότητας του Farrell (1957), η οποία περιλαμβάνει την ύπαρξη μη-επιθυμητών προϊόντων κατά την παραγωγική διαδικασία, επιτρέποντας, όμως, ταυτόχρονα την εκτίμηση των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών κανονισμών στις επιδόσεις των επιχειρήσεων. Μάλιστα οι Kuosmanen & Kortelainen (2004) αναπαριστούν την ανάλυση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας όπως στο Σχ. 2.2.

Στη θεωρία παραγωγής υποθέτουμε ότι οι εκροές είναι ισχυρά κατανεμημένες, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε εκροή μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να προκύψει κάποιο κόστος λόγω της μείωσης άλλων εκροών. Όταν, όμως, κάποιες από τις εκροές που παράγονται είναι μη επιθυμητές θα πρέπει να αντιμετωπιστούν μαζί με τις επιθυμητές εκροές μη συμμετρικά σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της κατανομής τους (Zaim & Taskin, 2000). Λόγω, λοιπόν, της αύξησης της περιβαλλοντικής συνείδησης της κοινωνίας, απαιτείται η αντιμετώπιση των μη επιθυμητών εκροών ως ασθενώς κατανεμημένες. Η έννοια της ασθενούς κατανομής σημαίνει ότι η μείωση των μη-επιθυμητών εκροών είναι δαπανηρή και, επομένως, χρειάζεται να μειωθούν ταυτόχρονα και οι επιθυμητές εκροές (Halkos et al., 2016). Καταλήγουμε, επομένως, στο συμπέρασμα ότι πρέπει να μετασχηματιστεί η παραγωγική διαδικασία.

Σχήμα 2.2: Οι βασικές ρυθμίσεις ανάλυσης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας



(Πηγή: Kuosmanen & Kortelainen 2004, σελ. 12)

Τα περισσότερα προβλήματα της μόλυνσης προκύπτουν από την κοινή παραγωγή των μη επιθυμητών εκροών κατά την παραγωγή επιθυμητών εκροών. Για παράδειγμα, η παραγωγή διοξειδίου του θείου είναι αναπόφευκτη όταν έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση του άνθρακα. Σύμφωνα με τους Chung & al. (1997), αν θεωρήσουμε ότι $x \in \mathbb{R}^K_+$, $y \in \mathbb{R}^M_+$ και $u \in \mathbb{R}^B_+$, είναι τα διανύσματα των εισροών, των επιθυμητών εκροών και των μη επιθυμητών εκροών, αντίστοιχα, τότε η συνάρτηση παραγωγής θα είναι ένα σύνολο:

$$P(x) = \{(y,u): \text{όπου το } x \text{ μπορεί να παράγει το } (y,u)\}.$$

Οι Färe & Grosskopf (2004) ορίζουν την $P(x)$ ως «περιβαλλοντικό σύνολο εξόδου» εάν αυτή είναι ένα οριοθετημένο και κλειστό σύνολο και ικανοποιεί τις παρακάτω δύο ιδιότητες:

P1: Οι εκροές είναι ασθενώς κατανεμημένες, δηλ., αν $(y,u) \in P(x)$ και $0 \leq \theta \leq 1$, τότε $(\theta y, \theta u) \in P(x)$.

P2: Οι επιθυμητές και οι μη επιθυμητές εκροές είναι μηδενικά αρθρωμένες (null-joint), δηλ., αν $(y,u) \in P(x)$ και $u=0$, τότε $y=0$.

Η P1 δηλώνει ότι η αναλογική μείωση των επιθυμητών και των μη επιθυμητών εκροών είναι εφικτή, ενώ η P2 δηλώνει ότι ο μοναδικός τρόπος για να εξαλειφθούν όλες οι μη επιθυμητές εκροές είναι να σταματήσει η παραγωγική διαδικασία. Επομένως, είναι τεχνικά και οικονομικά αδύνατο να παραχθούν επιθυμητές εκροές χωρίς την ταυτόχρονη παραγωγή μη-επιθυμητών εκροών.

Συνεχίζοντας, λοιπόν, με την άποψη των Färe & Grosskopf (2004), εάν το περιβαλλοντικό σύνολο εξόδου περιγράφεται στο πλαίσιο της ΠΑΔ, τότε η αντίστοιχη τεχνολογία μπορεί να

ονομασθεί περιβαλλοντική τεχνολογία ΠΑΔ (environmental DEA technology). Υποθέτουμε ότι υπάρχουν $j=1,2,\dots,n$ ΜΛΑ και για μία ΜΛΑ_j τα παρατηρούμενα δεδομένα στα διανύσματα των εισροών, των επιθυμητών εκροών και των μη επιθυμητών εκροών θα είναι αντίστοιχα $x_j=(x_{1j}, x_{2j},\dots, x_{Kj})$, $y_j=(y_{1j}, y_{2j},\dots, y_{Mj})$ και $u_j=(u_{1j}, u_{2j},\dots, u_{Bj})$. Η περιβαλλοντική τεχνολογία ΠΑΔ σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), όπως προτείνεται από τους Färe et al. (1989) και Zhou et al (2008a) εκφράζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}
 P(x) = \{(y, u): & \sum_{j=1}^n z_j x_{kj} \leq x_k, \quad k = 1, 2, \dots, K \\
 & \sum_{j=1}^n z_j y_{mj} \geq y_m, \quad m = 1, 2, \dots, M \\
 & \sum_{j=1}^n z_j u_{bj} = u_b, \quad b = 1, 2, \dots, B \\
 & z_j \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n\}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Η παραπάνω σχέση (8) της περιβαλλοντικής τεχνολογίας ΠΑΔ κατά CRS έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί και εφαρμοστεί τόσο στην αξιολόγηση της βιομηχανικής απόδοσης, όταν υπάρχουν μη επιθυμητές εκροές (Chung et al, 1997) όσο και στη μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης (Tyteca, 1997 και Färe et al., 2004). Μάλιστα, οι Färe et al. (2004) συμβολίζουν την $P(x)$ με την T_e και τονίζουν ότι η T_e παρουσιάζει καλύτερα την πραγματική διαδικασία παραγωγής, όταν οι επιθυμητές και μη επιθυμητές εκροές παράγονται ταυτόχρονα.

Από την άλλη, οι Seiford & Zhu (2002) παρουσιάζουν μια διαφορετική προσέγγιση της ΠΑΔ από αυτήν που προτάθηκε από τους Banker et al. (1984) κατά VRS, σύμφωνα με την οποία οι ταξινομήσεις αποδοτικότητας και μη-αποδοτικότητας να είναι αμετάβλητες στον μετασχηματισμό των δεδομένων (αποδίδεται ως classification invariance, δηλ. αμετάβλητη ταξινόμηση). Βέβαια, διατηρούν και την γραμμικότητα και την κυρτότητα του VRS μοντέλου. Οι Seiford & Zhu (2002) στηρίχθηκαν στη θεώρηση των Ali & Seiford (1990) για να εξηγήσουν την αμετάβλητη ταξινόμηση της ΠΑΔ. Παρακάτω αναπτύσσεται το θεωρητικό αυτό υπόβαθρο.

Θεωρούν ότι ένα data domain (τομέας δεδομένων) της ΠΑΔ αποδίδεται με την εξής μορφή πίνακα: $P = \begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = [P_1, \dots, P_n]$ με $s+m$ γραμμές και n στήλες, όπου κάθε μία στήλη αντιστοιχεί σε μία ΜΛΑ. Η j -οστή στήλη $P_j = \begin{bmatrix} Y_j \\ -X_j \end{bmatrix}$ αποτελείται από το διάνυσμα εισροής x_j

όπου το i -οστό στοιχείο x_{ij} είναι η ποσότητα της εισροής i που χρησιμοποιεί η ΜΛΑ_j και το διάνυσμα εκροής y_j όπου το r -οστό στοιχείο της y_{rj} είναι η ποσότητα της εκροής που χρησιμοποιεί η ΜΛΑ_j. Η αποδοτικότητα με βάση το VRS μοντέλο, οριοθετημένο στην εκροή, υπολογίζεται με το ακόλουθο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού:

$$\begin{aligned} \max h \quad & \text{έτσι ώστε} \\ \sum_{j=1}^n z_j x_{ij} + s^- &= x_{io}, \\ \sum_{j=1}^n z_j y_{rj} - s^- &= h y_{ro}, \\ \sum_{j=1}^n z_j &= 1, \\ z_j \geq 0, \quad j &= 1, \dots, n \end{aligned} \tag{9}$$

Όπου x_o και y_o είναι τα διανύσματα εισροής και εκροής, αντίστοιχα, της υπό εξέταση ΜΛΑ_o. Με βάση, λοιπόν, τη θεώρηση των Ali & Seiford η ΜΛΑ_o είναι αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) αν και μόνον αν είναι αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) με μετασχηματισμένα δεδομένα, καθώς και η ΜΛΑ_o είναι μη-αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) αν και μόνον αν είναι μη-αποδοτική σύμφωνα με την εξίσωση (9) με μετασχηματισμένα δεδομένα. Αυτή είναι η περίπτωση της αμετάβλητης ταξινόμησης με την οποία ασχολήθηκαν οι Seiford & Zhu (2002) στη μελέτη τους για να διαχειριστούν τις επιθυμητές και μη-επιθυμητές εκροές.

Υποθέτουν ότι το data domain της ΠΑΔ εκφράζεται με τον πίνακα:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ Y^b \\ -X \end{bmatrix} \tag{10}$$

Όπου τα Y^g και Y^b εκφράζουν, αντίστοιχα, τις επιθυμητές (good) και τις μη-επιθυμητές (bad) εκροές. Στόχος είναι να αυξηθεί το Y^g και να μειωθεί το Y^b για τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Στο κλασικό μοντέλο VRS (εξισ. 9) για τη βελτίωση της αποδοτικότητας θα πρέπει να αυξηθούν και τα δύο Y^g και Y^b . Σε αυτό ακριβώς το σημείο οι Färe et al. (1989) μετέτρεψαν

την (9) με σκοπό να αυξήσουν το Y^g και να μειώσουν το Y^b στο ακόλουθο πρόβλημα μη-γραμμικού προγραμματισμού.

$\max h$ έτσι ώστε

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n z_j x_j + s^- &= x_o, \\ \sum_{j=1}^n z_j y_j^g - s^+ &= h y_o^g, \\ \sum_{j=1}^n z_j y_j^b - s^+ &= \frac{1}{h} y_o^b, \\ \sum_{j=1}^n z_j &= 1, \\ z_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{11}$$

Βασιζόμενοι στην αμετάβλητη ταξινόμηση οι Seiford & Zhu (2002) εισήγαγαν ένα διαφορετικό μοντέλο της (11) που όμως διατηρεί την κυρτότητα και την γραμμικότητα της ΠΑΔ. Πρώτα πολλαπλασίασαν κάθε μη-επιθυμητή εκροή με το -1 και μετά βρήκαν ένα κατάλληλο μετασχηματισμένο διάνυσμα w , μετατρέποντας έτσι όλες τις αρνητικές μη-επιθυμητές εκροές σε θετικές. Τότε το data domain της ΠΑΔ γίνεται:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ \bar{Y}^b \\ -X \end{bmatrix} \tag{12}$$

όπου η j -οστή στήλη της μετασχηματισμένης, πλέον, μη-επιθυμητής εκροής θα είναι τώρα $\bar{y}_j^b = -y_j^b + w > 0$.

Βασιζόμενοι στην (12) το μοντέλο (9) μετατρέπεται στο ακόλουθο γραμμικό πρόγραμμα:

$\max h$ έτσι ώστε

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^g \geq h y_o^g,$$

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^n z_j \bar{y}_j^b &\geq h \bar{y}_o^b, \\
\sum_{j=1}^n z_j x_j &\leq x_o, \\
\sum_{j=1}^n z_j &= 1, \\
z_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n.
\end{aligned} \tag{13}$$

Σημειώνουν ότι, όπως το γραμμικό μοντέλο (11) της ΠΑΔ, έτσι και η (13) αυξάνει τις επιθυμητές εκροές και μειώνει τις μη-επιθυμητές.

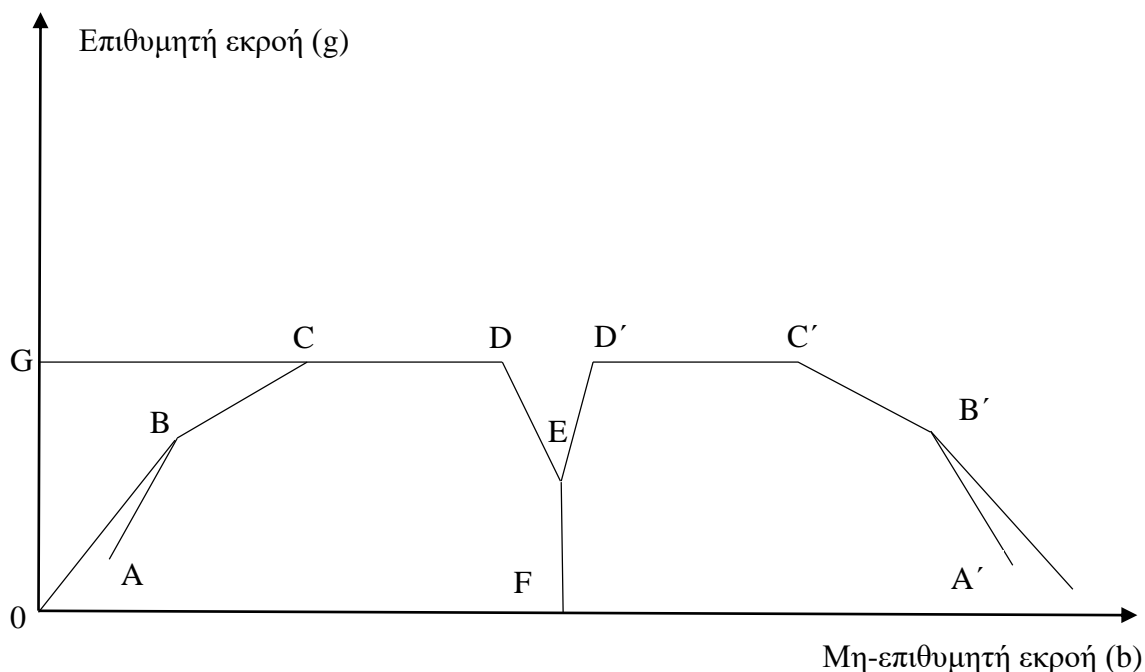
Επίσης, λαμβάνεται υπόψη το εξής θεώρημα: Δοθέντος ενός μετασχηματισμένου διανύσματος w , με την υπόθεση ότι h^* είναι η βέλτιστη τιμή της (13), θα ισχύει $h^* \bar{y}_o^b \leq w$. Με βάση το παραπάνω θεώρημα η βελτιστοποίηση της μη-επιθυμητής εκροής της $y_o^b (= w - h^* \bar{y}_o^b)$ δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές.

Συνεχίζοντας, οι Seiford & Zhu (2002) αναφέρουν ότι υπάρχουν τουλάχιστον πέντε τρόποι να ασχοληθεί κανείς με τις μη-επιθυμητές εκροές σε ένα μοντέλο ΠΑΔ-VRS. Στο σχ. 2.2 αποτυπώνονται οι τρεις μέθοδοι που αναπτύσσουν οι Seiford & Zhu (2002) για να αντιμετωπιστούν οι μη-επιθυμητές εκροές. Αυτές είναι: α) να αντιμετωπίσουν τις μη-επιθυμητές ως εκροές και να προσαρμόσουν τη μέτρηση της απόστασης, έτσι ώστε να περιορίσουν την επέκτασή τους, β) να αντιμετωπίσουν τις μη-επιθυμητές εκροές σαν εισροές (γεγονός που, κατά τη γνώμη τους, παραβιάζει την πραγματική διαδικασία παραγωγής) και γ) να εφαρμόσουν έναν μονοτονικό φθίνοντα μετασχηματισμό των μη-επιθυμητών εκροών (δηλ. $1/y^b$) και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν αυτές τις προσαρμοσμένες μεταβλητές σαν εκροές.

Στο σχ. 2.3 οι πέντε ΜΛΑ (A, B, C, D και E) χρησιμοποιούν ίση εισροή για να παράγουν μία επιθυμητή εκροή (g) και μία μη-επιθυμητή εκροή (b). Η περιοχή OGCDEF είναι το συμβατικό σύνολο εκροής, σύμφωνα με το οριοθετημένο ως προς την εκροή VRS μοντέλο (9). Υποθέτοντας ασθενή κατανομή της μη-επιθυμητής εκροής, τότε το σύνολο της εκροής είναι η περιοχή OBCDEF στην οποία επιτρέπεται μια εφικτή ακτινική συστολή απ' ό,τι μια εφικτή κάθετη επέκταση. Και αν αντιμετωπίσουμε την μη-επιθυμητή εκροή σαν εισροή, τότε η περιοχή ABCD γίνεται το όριο. Για τη μέθοδο (γ) με ένα κατάλληλο μετασχηματισμένο διάνυσμα μπορούμε να περιστρέψουμε το σύνολο της εκροής στο EF και να πετύχουμε μια

συμμετρική περιοχή. Σε αυτή, λοιπόν, την περίπτωση οι ΜΛΑ A' , B' και C' , που είναι τα προσαρμοσμένα σημεία των A , B και C , είναι αποδοτικές.

Σχήμα 2.3: Διαχείριση της μη-επιθυμητής εκροής



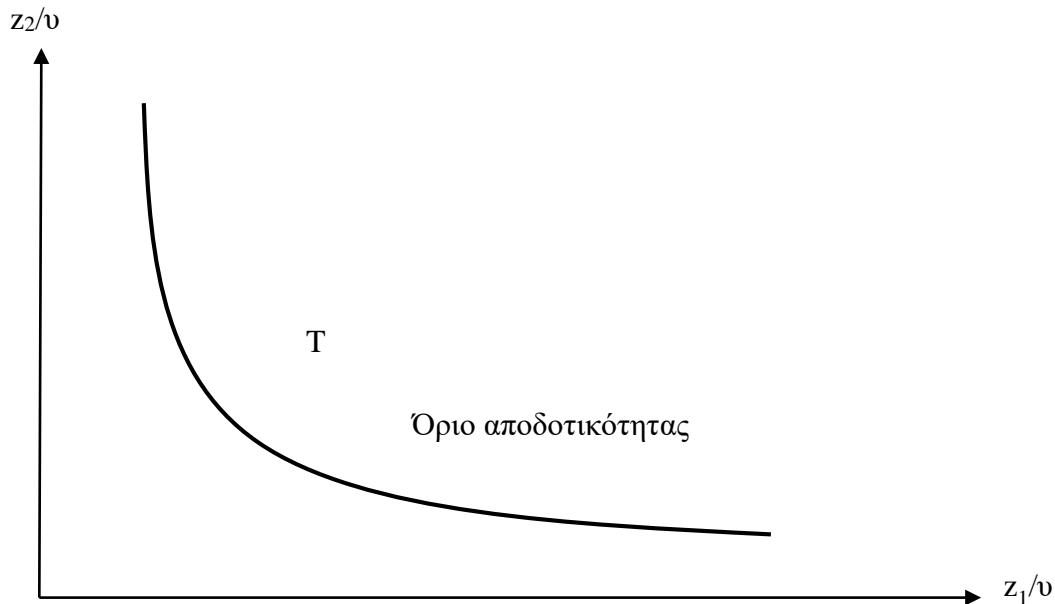
(Πηγή: Seiford & Zhu 2002, σελ.19)

Στη συνέχεια, οι Kuosmanen & Kortelainen (2005) εξετάζουν πώς η μέθοδος της ΠΑΔ μπορεί να εφαρμοστεί για τη δημιουργία ενός και μόνον περιβαλλοντικού δείκτη για τη μέτρηση της eco-efficiency, μέσω της συγκέντρωσης των περιβαλλοντικών πιέσεων. Εστιάζουν ρητά στην οικονομική προστιθέμενη αξία και στις περιβαλλοντικές πιέσεις, χωρίς άμεση προσφυγή σε φυσικές εισροές και εκροές. Επομένως, η προσέγγισή τους είναι να εφαρμόσουν την ΠΑΔ στο πρόβλημα της μέτρησης της eco-efficiency, όπως παρουσιάζεται στα πλαίσια της οικολογικής οικονομίας και της βιομηχανικής οικολογίας, ενώ η βιβλιογραφία που αφορά στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα ενσωματώνει άμεσα τις φυσικές εκπομπές ως εισροές ή εκροές στο κλασικό μοντέλο της ΠΑΔ.

Ορίζουν, λοιπόν, την οικονομική προστιθέμενη αξία της παραγωγικής δραστηριότητας ως v , υποθέτοντας ως γνωστή την οικονομική αξία ή άμεσα υπολογίσιμη από τα δεδομένα. Επίσης, υποθέτουν ότι η εξεταζόμενη παραγωγική δραστηριότητα προκαλεί M διαφορετικές περιβαλλοντικές πιέσεις, των οποίων το βάρος μετριέται με τις μεταβλητές $z=(z_1, \dots, z_m)$ και για λόγους απλοποίησης πρέπει να είναι επιβλαβείς, δηλ. $z > 0$. Για να χαρακτηρίσουν τη

δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ των περιβαλλοντικών πιέσεων εισάγουν την τεχνολογία που δημιουργεί τη ρύπανση ως $T = \{(v, z) \in \mathbb{R}_+^{1+M} \mid \text{η προστιθέμενη αξία } v \text{ μπορεί να δημιουργηθεί με τη βλάβη } z\}$, η οποία περικλείει όλους τους δυνατούς τεχνικά και οικονομικά εφικτούς συνδυασμούς των v και z .

Σχήμα 2.4: Το σύνολο της τεχνολογίας T και το όριο αποδοτικότητάς της



(Πηγή: Kuosmanen & Kortelainen 2005, σελ.63 – περίπτωση input-oriented)

Έπειτα, προτείνουν να θεωρηθεί μια μονάδα παραγωγής ως αποδοτική αν και μόνον αν είναι αδύνατον να μειωθεί οποιαδήποτε περιβαλλοντική πίεση χωρίς την ταυτόχρονη αύξηση μιας άλλης ή μείωση της προστιθέμενης αξίας. Το σύνολο, επομένως, όλων των αποδοτικών δραστηριοτήτων αποτελούν το γνωστό αποτελεσματικό όριο του T . Στο σχήμα 2.4 απεικονίζεται αυτό το σύνολο T και το όριό του (καμπύλη T). Οι άξονες x, y αντιπροσωπεύουν τις ποσότητες δύο περιβαλλοντικών πιέσεων και τα σημεία πάνω από την καμπύλη T δεν είναι eco-efficient.

Επεκτείνοντας την παραπάνω θεώρηση, οι Kuosmanen & Kortelainen (2005) εκφράζουν την eco-efficiency μιας μονάδας n ως τον λόγο $EE_n = \frac{V_n}{D(Z_n)}$, όπου V_n = η οικονομικά προστιθέμενη αξία, Z_n = οι περιβαλλοντικές πιέσεις μιας μονάδας n ($n=1, \dots, N$) και D = η ζημιογόνα λειτουργία που συγκεντρώνει τις περιβαλλοντικές πιέσεις M σε ένα ενιαίο σκορ περιβαλλοντικής ζημιάς. Για να κατασκευάσουν έναν συνολικό δείκτη eco-efficiency χρησιμοποιούν μια γραμμική προσέγγιση των D και ένα σταθμισμένο άθροισμα των διαφορών

περιβαλλοντικών πιέσεων, δηλ. $D(z) = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_M z_M$, όπου w_m ($m=1, \dots, M$) αντιπροσωπεύει το βάρος που αποδίδεται στην περιβαλλοντική πίεση m .

Για την αντικειμενική στάθμιση των βαρών χρησιμοποιούν τη μέθοδο της ΠΑΔ η οποία ταυτοποιεί τα βάρη που μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα της εκτιμώμενης μονάδας ή δραστηριότητας σε σύγκριση με μια ομάδα παρόμοιων μονάδων ή δραστηριοτήτων. Υπολογίζουν, έτσι, την eco-efficiency μιας δραστηριότητας n με την εξίσωση:

$$\max_w EE_n = \frac{V_n}{w_1 z_{n1} + w_2 z_{n2} + \dots + w_M z_{nM}}$$

$$\text{όπου } \frac{V_1}{w_1 z_{11} + w_2 z_{12} + \dots + w_M z_{1M}} \leq 1, \frac{V_2}{w_1 z_{21} + w_2 z_{22} + \dots + w_M z_{2M}} \leq 1, \dots,$$

$$\frac{V_N}{w_1 z_{N1} + w_2 z_{N2} + \dots + w_M z_{NM}} \leq 1 \text{ και } w_1, w_2, \dots, w_M \geq 0 \quad (14)$$

Η βέλτιστη λύση σε αυτό το πρόβλημα προσδιορίζει τα βάρη w_m ($m=1, 2, \dots, M$) τα οποία μεγιστοποιούν το λόγο της eco-efficiency της εξεταζόμενης δραστηριότητας n . Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1, όπου οι υψηλές τιμές υποδεικνύουν καλή απόδοση με μέγιστη τιμή το 1, δηλ. η εξεταζόμενη δραστηριότητα θεωρείται πλήρως αποδοτική (σύμφωνα με τον ορισμό της αποδοτικότητας).

Όμως, επειδή η παραπάνω διατύπωση απαιτεί την επίλυση ενός απαιτητικού υπολογιστικού κλασματικού προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού, λαμβάνει τον αντίστροφο λόγο της eco-efficiency για να το ευθυγραμμίσει επιλύοντας το αμοιβαίο πρόβλημα. Έτσι, παίρνουμε την εξίσωση:

$$\min_w EE_n^{-1} = w_1 \frac{z_{n1}}{V_n} + w_2 \frac{z_{n2}}{V_n} + \dots + w_M \frac{z_{nM}}{V_n}$$

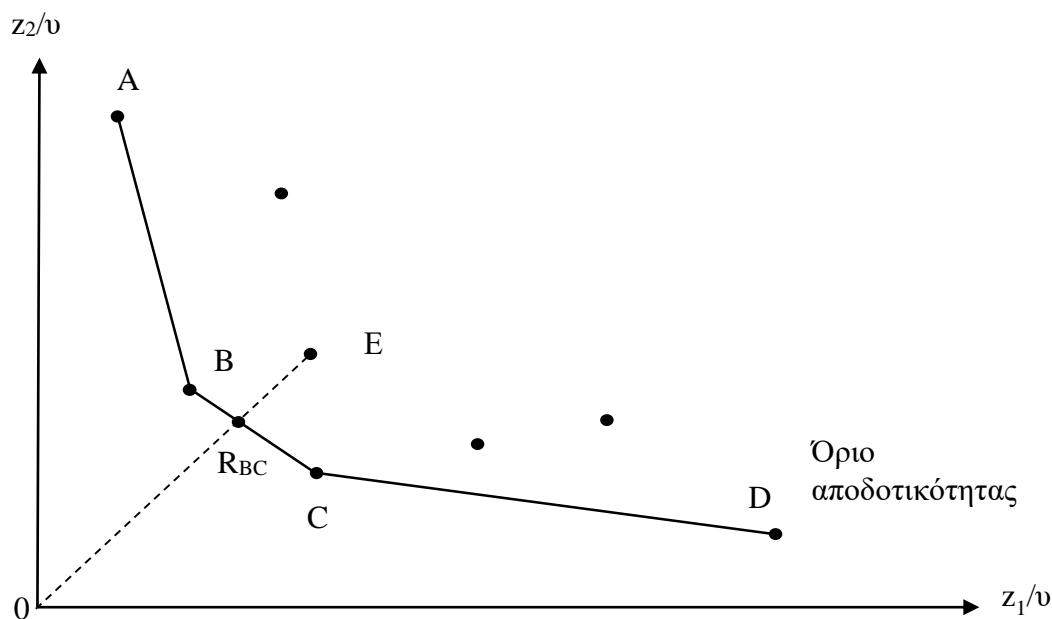
$$\text{όπου } w_1 \frac{z_{11}}{V_1} + w_2 \frac{z_{12}}{V_1} + \dots + w_M \frac{z_{1M}}{V_1} \geq 1, w_1 \frac{z_{21}}{V_2} + w_2 \frac{z_{22}}{V_2} + \dots + w_M \frac{z_{2M}}{V_2} \geq 1, \dots,$$

$$w_1 \frac{z_{N1}}{V_N} + w_2 \frac{z_{N2}}{V_N} + \dots + w_M \frac{z_{NM}}{V_N} \geq 1 \text{ και } w_1, w_2, \dots, w_M \geq 0 \quad (15)$$

Από την εξίσωση (15) προκύπτει ότι το πρόβλημα αυτό είναι γραμμικό από την άποψη του άγνωστου βάρους w_M και μπορεί να λυθεί με γραμμικό προγραμματισμό. Έτσι, μετράται η eco-efficiency με τη μέθοδο ΠΑΔ, όπου εξετάζεται ως η απόσταση από το όριο T και μετρά την αποδοτικότητα σε σχέση με την βέλτιστη πρακτική στο δείγμα. Αυτό απεικονίζεται στο σχήμα 2.5.

Για την αποτύπωση του σχ. 2.5 υποθέτουν ότι έχουν δύο επιζήμιες περιβαλλοντικές πιέσεις (z_1 , z_2) που δημιουργούνται στην παραγωγή και οι άξονες x, y δείχνουν την πίεση ανά μονάδα της οικονομικής προστιθέμενης αξίας, δηλ. z_1/V και z_2/V . Η καμπύλη AD αντιπροσωπεύει το εκτιμώμενο όριο της τεχνολογίας των βέλτιστων πρακτικών και όλα τα σημεία της, εκτός του R_{BC} , αντιπροσωπεύουν ξεχωριστές δραστηριότητες παραγωγής. Υποθέτουν ότι αξιολογούν την αποδοτικότητα της παραγωγικής μονάδας E . Αυτό μπορεί να γίνει με τη μέτρηση της ακτινικής απόστασης από το σημείο E στο σημείο αναφοράς R_{BC} που βρίσκεται πάνω στο όριο όπου και οι δύο περιβαλλοντικές πιέσεις μειώνονται σε ίσες αναλογίες. Η eco-efficiency δίνεται από τον λόγο $EE = |OR_{BC}|/|OE|$, όπου $|OR_{BC}|$ και $|OE|$ αντιπροσωπεύουν, αντίστοιχα, τα μήκη των γραμμών OR_{BC} και OE . Επειδή ο λόγος των τριών αποστάσεων είναι μικρότερος του 1, η παραγωγική μονάδα E θεωρείται ως μη αποδοτική. Σημειώνεται ότι οι B και C αντιπροσωπεύουν τις μονάδες ορόσημο (benchmarks) της δραστηριότητας E .

Σχήμα 2.5: Ακτινική μέτρηση στο όριο της eco-efficiency με τη μέθοδο της ΠΑΔ



(Πηγή: Kuosmanen & Kortelainen 2005, σελ.66 – περίπτωση input-oriented)

Έχοντας, λοιπόν, υπόψη το θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύχθηκε στο παρόν κεφάλαιο προχωρούμε στα επόμενα δύο κεφάλαια που ασχολούνται με την έρευνά μας. Αρχικά, παρουσιάζουμε τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν, στη συνέχεια παρατίθενται τα προτεινόμενα μοντέλα που έγινε η εφαρμογή της ΠΑΔ και, τέλος, αναλύονται τα αποτελέσματα, γίνονται οι κατάλληλες συγκρίσεις και διεξάγονται τα συμπεράσματά μας.

Κεφάλαιο 3

Δεδομένα έρευνας

3.1 Μεταβλητές – Περιγραφικά χαρακτηριστικά

Στην παρούσα εργασία υπολογίζουμε την περιβαλλοντική αποδοτικότητα και την eco-efficiency των χωρών της ομάδας G-20 για τη χρονική περίοδο 1991-2014 με τη χρήση της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, μιας μη παραμετρικής μεθόδου. Εστιάζουμε, επίσης, και στο χρονικό διάστημα 2007-2012 πώς διαμορφώθηκαν οι τιμές, καθώς και στα διαστήματα πριν και μετά, δηλ. 1991-2007 και 2012-2014, με σκοπό να εξακριβώσουμε τη συμμόρφωση των χωρών που συμφώνησαν στη μείωση εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα μετά την επικύρωση της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο. Η περίοδος 2008-2012 έχει οριστεί από το Πρωτόκολλο του Κιότο ως η πρώτη δεσμευτική περίοδος για τα συμβαλλόμενα μέρη του Annex 1 (παράρτημα Α), με σκοπό την επίτευξη των δεσμεύσεών τους για μείωση και περιορισμό των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου (GreenHouse Gases, GHGs) (Unfccc, 2009)³.

Πρώτα, όμως, για να εφαρμόσουμε την ΠΑΔ χρειάζεται να γίνουν κάποια συγκεκριμένα βήματα. Πρέπει, λοιπόν, να καθορίσουμε τις Μονάδες Λήψης Αποφάσεων που θα ερευνήσουμε, τις εισροές και τις εκροές του μοντέλου μας, τον προσανατολισμό του (input-oriented ή output-oriented), τις αποδόσεις κλίμακας (CRS ή VRS) και, τέλος, το λογισμικό που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι ΜΛΑ που θα μελετήσουμε είναι χώρες που ανήκουν στην ομάδα των G-20. Αυτές είναι χώρες με διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (δηλαδή, είναι ανεπτυγμένες, αναπτυσσόμενες και αναδυόμενες χώρες) που αντιπροσωπεύουν από κοινού το 90% του παγκόσμιου ΑΕΠ, το 80% του ΑΕΠ του παγκόσμιου εμπορίου και τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι είναι υπεύθυνες για την παραγωγή της πλειοψηφίας των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς, και για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την επιβολή παγκόσμιων περιβαλλοντικών πολιτικών.

Η G-20 είναι ένα διεθνές φόρουμ για τις κυβερνήσεις και τους διοικητές των κεντρικών τραπεζών από τις 20 μεγαλύτερες οικονομίες. Τα μέλη της περιλαμβάνουν 19 επιμέρους χώρες: Αργεντινή, Αυστραλία, Βραζιλία, Γαλλία, Γερμανία, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Ηνωμένο

³ Το Πρωτόκολλο του Κιότο έθεσε κάποιους στόχους, για την πρώτη δεσμευτική περίοδο 2008-2012, που αφορούν τη μείωση των έξι κύριων αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα: CO₂, μεθάνιο: CH₄, οξείδιο του αζώτου: N₂O), Υδροφθοράνθρακες: HFC, υπερφθοράνθρακες: PFCs και εξαφθοριούχο θείο: SF₆) και με τους οποίους θα πρέπει να συμμορφωθούν οι χώρες που το έχουν υπογράψει. Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στην ιστοσελίδα http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php.

Βασιλείο, Ιαπωνία, Ιταλία, Ινδονησία, Καναδά, Κίνα, Μεξικό, Νότια Αφρική, Νότια Κορέα, Ρωσία, Σαουδική Αραβία, Τουρκία και την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Η ΕΕ εκπροσωπείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και από την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα⁴.

Στην εργασία μας εξετάστηκαν οι 18 από τις 19 χώρες. Εξαιρέθηκε η Ρωσία διότι δεν υπήρχαν στοιχεία για όλες τις χρονιές για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, καθώς και η Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία αποτελεί μία πολιτική και οικονομική ένωση ευρωπαϊκών κρατών. Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε τις απαιτούμενες εισροές και εκροές (επιθυμητές και μη επιθυμητές), όπως έχουν χρησιμοποιηθεί και σε μελέτες που προαναφέρθηκαν.

Οι εισροές που χρησιμοποιήθηκαν είναι το κεφάλαιο (capital stock), η εργασία (labor) και η χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use). Οι πίνακες 3.1, 3.2, 3.3 παρουσιάζουν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (Mean: μέσος όρος, Std: τυπική απόκλιση, Max: μέγιστη τιμή ανά έτος και Min: ελάχιστη τιμή ανά έτος) των τριών μεταβλητών, αντίστοιχα.

Όσον αφορά το κεφάλαιο είναι μετρημένο σε εκατομμύρια δολάρια Αμερικής για το έτος 2011. Την εισροή κεφάλαιο τη συναντούμε σε πολλές μελέτες στη βιβλιογραφία (Färe et al., 1989, 1996, 2004 • Zaim & Taskin, 2000 • Picazo-Tadeo et al., 2005 • Picazo-Tadeo & García-Reche, 2007 • Halkos & Tzeremes, 2009).

Πίνακας 3.1: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής κεφάλαιο (capital stock)

| Capital stock | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 4193399 | 4338266 | 4577422 | 4855237 | 5174652 | 5412420 |
| Std | 5989992 | 6050347 | 6236240 | 6459418 | 6723630 | 6912544 |
| Min | 489520,9 | 559911,3 | 609750,8 | 622020,4 | 642393,8 | 656457,9 |
| Max | 26586270 | 26769574 | 27514982 | 28433732 | 29573488 | 30426092 |

Πίνακας 3.1: (συνέχεια)

| Capital stock | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 5591927 | 5791305 | 5988310 | 6224340 | 6415767 | 6573314 |
| Std | 7137788 | 7433000 | 7772257 | 8158897 | 8505783 | 8800046 |
| Min | 675317,2 | 699458,7 | 718306,3 | 737787 | 756153,6 | 775340,3 |
| Max | 31494458 | 32851262 | 34374992 | 35997032 | 37382932 | 38467564 |

⁴ Για περαιτέρω πληροφορίες ανατρέξτε στην ιστοσελίδα <http://www.g20.org>.

Πίνακας 3.1: (συνέχεια)

| Capital stock | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 6907035 | 7501289 | 8277502 | 9184507 | 9987290 | 10685703 |
| Std | 9166917 | 9734044 | 10499396 | 11297612 | 11840250 | 12260521 |
| Min | 801470,6 | 848315,7 | 913679,1 | 1046180 | 1182001 | 1337760 |
| Max | 39839628 | 42071616 | 45051164 | 47891040 | 49404728 | 50006724 |

Πίνακας 3.1: (συνέχεια)

| Capital stock | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 11218472 | 11929110 | 12999925 | 13746660 | 14606311 | 15555801 |
| Std | 12553356 | 13080223 | 13995908 | 14950027 | 16215321 | 17731326 |
| Min | 1486557 | 1674226 | 1863172 | 1942274 | 2041532 | 2148251 |
| Max | 49243108 | 48876336 | 49279028 | 54610668 | 61477376 | 69379696 |

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι την πρώτη θέση για τη μεταβλητή κεφάλαιο (Max) κατέχουν οι ΗΠΑ από το 1991 έως το 2011 και η Κίνα από το 2012 έως το 2014. Στην τελευταία θέση (Min) έρχονται η Αργεντινή για τα έτη 1991, 1992 και 2011-2014 και η Νότια Αφρική για το διάστημα 1993-2010. Τέλος, η τυπική απόκλιση (Std) είναι μεγάλη και άρα οι τιμές των δεδομένων απέχουν πολύ από τον μέσο όρο του δείγματος (Mean).

Η μεταβλητή εργασία αφορά τον συνολικό αριθμό των απασχολούμενων ατόμων σε μια χώρα και είναι μετρημένη σε εκατομμύρια. Τη μεταβλητή αυτή την συναντούμε σε πολλές μελέτες, όπως των Färe et al. (1989, 1996, 2004), Tyteca (1997), Zaim & Taskin (2000), Zofio and Prieto (2001), Picazo-Tadeo et al. (2005), Picazo-Tadeo & García-Reche (2007), Zhou et al. (2007), Halkos & Tzeremes (2009) και Rashidi & Saen (2015).

Πίνακας 3.2: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής εργασία (labor)

| Labor | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 85,3484 | 86,3383 | 87,2477 | 88,6066 | 89,6595 | 90,9375 |
| Std | 159,9251 | 162,0157 | 164,0812 | 166,0551 | 168,057 | 170,3011 |
| Min | 4,9078 | 5,1217 | 5,2710 | 5,4584 | 5,5351 | 5,5691 |
| Max | 651,2 | 658,215 | 664,8 | 671,315 | 677,6 | 685,075 |

Πίνακας 3.2: (συνέχεια)

| Labor | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|

| | | | | | | |
|-------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Mean | 92,4625 | 93,7468 | 95,2569 | 96,7057 | 98,4939 | 100,3327 |
| Std | 172,8339 | 175,378 | 177,7998 | 180,1154 | 183,8708 | 187,3712 |
| Min | 5,5955 | 5,6149 | 5,8209 | 6,1019 | 6,3301 | 6,6139 |
| Max | 693,85 | 702,285 | 710,155 | 717,395 | 725,55 | 733,825 |

Πίνακας 3.2: (συνέχεια)

| | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Labor | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| Mean | 102,12 | 104,586 | 105,7106 | 106,7105 | 107,78508 | 108,34418 |
| Std | 190,8401 | 194,9874 | 196,6327 | 197,5549 | 198,67346 | 199,23084 |
| Min | 6,9668 | 7,3673 | 7,7483 | 8,0662 | 8,45744 | 8,82727 |
| Max | 740,86 | 748,16 | 755,125 | 761,125 | 766,95001 | 772,34998 |

Πίνακας 3.2: (συνέχεια)

| | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Labor | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Mean | 108,3513 | 109,43238 | 110,3268 | 111,39234 | 112,67284 | 113,67184 |
| Std | 200,17685 | 201,03144 | 201,82057 | 202,82254 | 204,49844 | 206,47345 |
| Min | 9,0975 | 9,47162 | 9,81919 | 10,21856 | 11,06577 | 11,46188 |
| Max | 777,375 | 781,37677 | 784,42694 | 788,87079 | 793,02228 | 798,3678 |

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι την πρώτη θέση για τη μεταβλητή εργασία για όλα τα έτη καταλαμβάνει η Κίνα, ενώ στην τελευταία θέση για όλα τα χρόνια βρίσκεται η Σαουδική Αραβία. Η τυπική απόκλιση, και εδώ, είναι πολύ μεγάλη και βλέπουμε τη μέση απόκλιση των παρατηρήσεων από το μέσο όρο του δείγματος να είναι πολύ μεγάλη.

Η χρησιμοποιούμενη ενέργεια αφορά τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας πριν από τη μετατροπή της σε άλλα καύσιμα τελικής χρήσης, η οποία ισούται με την εγχώρια παραγωγή συν τις εισαγωγές και τις μεταβολές των αποθεμάτων, μείον τις εξαγωγές και τα καύσιμα που παρέχονται σε πλοία και αεροσκάφη που εκτελούν διεθνείς μεταφορές και είναι μετρημένη σε κιλά (kg) πετρελαίου ισοδύναμου ανά κάτοικο. Ομοίως, τη μεταβλητή της χρησιμοποιούμενης ενέργειας την συναντούμε σε πολλές μελέτες, όπως των Färe et al. (1989, 2004), Picazo-Tadeo & García-Reche (2007) και Zhou et al. (2008a).

Πίνακας 3.3: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use)

| | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Energy use | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
| Mean | 2978,3727 | 3005,7713 | 3057,8812 | 3088,7267 | 3141,8181 | 3232,3837 |
| Std | 2195,5439 | 2217,1901 | 2241,8380 | 2266,7317 | 2263,4943 | 2306,8635 |

| | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Min | 358,6619 | 364,3951 | 365,8344 | 372,5646 | 386,471 | 390,8078 |
| Max | 7631,4678 | 7677,4014 | 7730,4866 | 7926,8392 | 7965,8468 | 8036,7133 |

Πίνακας 3.3: (συνέχεια)

| Energy use | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 3231,3661 | 3224,8986 | 3261,7211 | 3314,3623 | 3285,2187 | 3305,2456 |
| Std | 2286,0893 | 2277,6595 | 2311,7006 | 2352,7069 | 2299,2302 | 2312,4752 |
| Min | 398,7705 | 400,8788 | 416,374 | 418,6843 | 417,382 | 422,6273 |
| Max | 8034,4148 | 7924,0309 | 8081,487 | 8242,5247 | 8040,5389 | 7993,3897 |

Πίνακας 3.3: (συνέχεια)

| Energy use | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 3354,5806 | 3423,5193 | 3429,0733 | 3459,0615 | 3472,0183 | 3493,9452 |
| Std | 2325,8451 | 2337,7677 | 2312,0162 | 2282,4172 | 2280,6329 | 2276,7053 |
| Min | 425,6328 | 441,0648 | 451,1383 | 467,5458 | 486,5505 | 503,0356 |
| Max | 8332,9239 | 8441,1849 | 8404,2459 | 8240,1156 | 8213,6635 | 8195,2123 |

Πίνακας 3.3: (συνέχεια)

| Energy use | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 3392,2287 | 3500,9346 | 3441,4503 | 3448,2355 | 3415,372 | 3419,976 |
| Std | 2189,518 | 2234,4008 | 2191,4372 | 2186,2802 | 2142,6756 | 2200,5802 |
| Min | 546,1767 | 563,1593 | 579,4087 | 600,4432 | 606,8743 | 637,4286 |
| Max | 7797,1963 | 7788,4726 | 7910,7594 | 7725,3283 | 7727,7568 | 7874,052 |

Όπως παρατηρούμε από τον ανωτέρω πίνακα οι ΗΠΑ κατέχουν την πρώτη θέση για την μεταβλητή της χρησιμοποιούμενης ενέργειας για τα έτη 1991, 1992, ενώ για όλα τα υπόλοιπα έτη από το 1993 έως το 2014 την καταλαμβάνει ο Καναδάς. Αντίθετα, στην τελευταία θέση βρίσκεται η Ινδία για όλο το χρονικό διάστημα των εξεταζόμενων ετών. Και σε αυτή την μεταβλητή οι τιμές απέχουν σημαντικά από το μέσο όρο.

Ως επιθυμητή εκροή χρησιμοποιήθηκε το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) (Gross Domestic Product: GDP) το οποίο εκφράζει το συνολικό εισόδημα και τη συνολική δαπάνη μιας χώρας από την παραγόμενη ποσότητα αγαθών και υπηρεσιών και είναι μετρημένο σε εκατομμύρια δολάρια Αμερικής για το έτος 2011. Μάλιστα, το ΑΕΠ είναι ένα από τα πιο συχνά εφαρμοζόμενα κριτήρια στην μακροοικονομική (Rashidi & Saen, 2015). Επιπρόσθετα, οι (Färe et al., 2004) αναφέρουν ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του ΑΕΠ και του CO₂ και πολλές

μελέτες χρησιμοποίησαν αυτές τις δύο μεταβλητές για να μετρήσουν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα και την eco-efficiency, όπως οι Zaim and Taskin (2000), Zhou et al. (2006, 2007, 2008a), Halkos & Tzeremes (2009, 2013), Picazo-Tadeo et al. (2014) και Rashidi & Saen (2015). Στη συνέχεια, παραθέτονται στον πίνακα 3.4 τα περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής ΑΕΠ.

Πίνακας 3.4: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής ΑΕΠ (GDP)

| GDP | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 1605274,17 | 1673804,26 | 1741951,82 | 1822368,01 | 1919579,27 | 2013792,86 |
| Std | 2094434,94 | 2176552,14 | 2246755,34 | 2341382,85 | 2422285,2 | 2504993,68 |
| Min | 235515,266 | 277855,781 | 311703,563 | 318361,031 | 323307,125 | 349296,094 |
| Max | 9171585 | 9509170 | 9786068 | 10205495 | 10501270 | 10926444 |

Πίνακας 3.4: (συνέχεια)

| GDP | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 2089853,34 | 2121348,49 | 2198236,37 | 2301396,47 | 2344657,91 | 2402110,16 |
| Std | 2616142,2 | 2725927,36 | 2852820,23 | 2971401,03 | 3012512,66 | 3088682,72 |
| Min | 352066,375 | 322996,469 | 362481,719 | 391348,469 | 403900,406 | 421078,188 |
| Max | 11437019 | 11956923 | 12510232 | 13031820 | 13127311 | 13309916 |

Πίνακας 3.4: (συνέχεια)

| GDP | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 2480026,38 | 2614128,98 | 2773027,05 | 2913624,16 | 3078980,01 | 3183180,59 |
| Std | 3202529,92 | 3355413,65 | 3502259,91 | 3643544,11 | 3780690,76 | 3795589,28 |
| Min | 444048,188 | 468739,313 | 504292,438 | 540752,375 | 571764 | 582816,813 |
| Max | 13679334 | 14204685 | 14683344 | 15083465 | 15359941 | 15305872 |

Πίνακας 3.4: (συνέχεια)

| GDP | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 3174455,43 | 3406981,01 | 3616175,13 | 3750501,01 | 3878701,26 | 4031626,31 |
| Std | 3840127,8 | 4051218,73 | 4235351,18 | 4456830,79 | 4645169,09 | 4908490,48 |
| Min | 564723 | 585953,063 | 618362,813 | 627725,188 | 640491,75 | 651267,125 |
| Max | 14844276 | 15250698 | 15517930 | 15899255 | 16183547 | 17135952 |

Στον πίνακα 3.4 βλέπουμε ότι οι ΗΠΑ είναι αυτές που παρουσιάζουν το υψηλότερο ΑΕΠ για όλα τα έτη, πλην του 2014 όπου εμφανίζεται πρώτη η Κίνα. Από την αντίθετη πλευρά το χαμηλότερο ΑΕΠ εμφανίζουν η Αργεντινή για τα έτη 1991, 1992, 2002, η Νότια Αφρική για

τα έτη 1993, 2000, 2003-2014 και η Σαουδική Αραβία για το χρονικό διάστημα 1994-1999 και το 2001. Και σε αυτή τη μεταβλητή η τυπική απόκλιση εμφανίζεται μεγάλη.

Ακολούθως, ως μη επιθυμητή εκροή χρησιμοποιήθηκαν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) οι οποίες προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή τσιμέντου. Περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την κατανάλωση στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων και καύσης αερίου. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το μείζων αέριο που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο παράγεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Rashidi & Saen, 2015) και το μερίδιό του μεταξύ των κύριων έξι αερίων του φαινομένου ανέρχεται σε ποσοστό 56% (Wang et al., 2013). Σύμφωνα με τους Färe et al. (2004) είναι υπεύθυνο για το 60% της αύξησης της ακτινοβολιακής έντασης και ο κύριος υπαίτιος για την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, ενώ δημιουργεί μεγάλο κίνδυνο μέσω των πιθανών επιπτώσεών του στο παγκόσμιο κλίμα, τη στάθμη της θάλασσας κ.λπ. (Zofio & Prieto, 2001). Μάλιστα, με βάση διαφορετικές έρευνες εάν δεν δραστηριοποιηθούμε η θερμοκρασία της Γης θα αυξηθεί κατά 1.8C° μέχρι το 2050 αυξάνοντας την ερημοποίηση της γης και μειώνοντας παράλληλα την επίγεια επιφάνεια (Zofio & Prieto, 2001). Οι μελέτες στις οποίες συναντούμε αυτή τη μεταβλητή είναι των Färe et al. (1996, 2004), Tyteca (1997), Zaim & Taskin (2000), Zofio and Prieto (2001), Zhou et al. (2006, 2007, 2008a), Halkos & Tzeremes (2013), Picazo-Tadeo et al. (2014) και Rashidi & Saen (2015). Παρακάτω στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στοιχεία για τη μεταβλητή CO₂.

Πίνακας 3.5: Περιγραφικά χαρακτηριστικά της μεταβλητής διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

| CO ₂ | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mean | 777558,421 | 792806,419 | 815656,311 | 837232,124 | 859323,354 | 892256,477 |
| Std | 1158699,85 | 1187073,72 | 1226141,57 | 1257072,38 | 1292083,21 | 1326156,97 |
| Min | 117098,311 | 121352,031 | 117927,053 | 122408,127 | 127963,632 | 135000,605 |
| Max | 4820847,22 | 4909533,61 | 5028674,44 | 5094354,08 | 5132919,92 | 5252112,09 |

Πίνακας 3.5: (συνέχεια)

| CO ₂ | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mean | 902632,05 | 891885,499 | 906618,079 | 937269,921 | 938950,833 | 963616,501 |
| Std | 1348038,9 | 1339496,22 | 1357481,56 | 1399586,7 | 1388008,7 | 1437301,12 |
| Min | 138003,878 | 139815,376 | 146984,361 | 142136,587 | 133720,822 | 124714,67 |
| Max | 5368715,35 | 5401010,62 | 5504669,38 | 5693684,89 | 5595794,33 | 5641309,13 |

Πίνακας 3.5: (συνέχεια)

| CO ₂ | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|
|-----------------|------|------|------|------|------|------|

| | | | | | | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mean | 1016066,42 | 1074816,24 | 1115958,35 | 1157465,53 | 1198669,16 | 1234025,77 |
| Std | 1528193,51 | 1636102,4 | 1744380,93 | 1833041,19 | 1933387,86 | 2001937,47 |
| Min | 135062,944 | 157589,325 | 162110,736 | 175436,614 | 175176,257 | 189107,19 |
| Max | 5675701,93 | 5756075,23 | 5896957,71 | 6529291,52 | 7030797,77 | 7553070,25 |

Πίνακας 3.5: (συνέχεια)

| CO2 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 1234128,65 | 1297607,47 | 1360831,65 | 1386462,55 | 1393423,94 | 1409039,66 |
| Std | 2049708,47 | 2212448,48 | 2393593,3 | 2438647,75 | 2494063,6 | 2513734,34 |
| Min | 179961,692 | 187919,082 | 191633,753 | 192356,152 | 189851,591 | 204024,546 |
| Max | 8001008,97 | 8776040,42 | 9733538,12 | 10028573,9 | 10258007,1 | 10291926,9 |

Από τα στοιχεία του πίνακα 3.5 οι χώρες με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO₂ είναι οι ΗΠΑ και η Κίνα για τα χρονικά διαστήματα 1991-2004 και 2005-2014, αντίστοιχα. Από την άλλη η Αργεντινή είναι αυτή που εμφανίζει τις λιγότερες εκπομπές CO₂. Και σε αυτή τη μεταβλητή παρατηρείται μεγάλη απόκλιση των τιμών από το μέσο όρο.

Επιπρόσθετα, εισάγουμε άλλη μια εκροή η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ενός μοντέλου που θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα. Αυτή η εκροή είναι μια μετασχηματισμένη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα (την ονομάζουμε CO₂ transformed), ακολουθώντας τη θεώρηση των Seiford & Zhu (2002). Η συγκεκριμένη μεταβλητή για κάθε χώρα ανά έτος υπολογίστηκε ως το άθροισμα της μέγιστης τιμής του πραγματικού CO₂ από το σύνολο των χωρών συν το γινόμενο -1 επί την τιμή του πραγματικού CO₂ της κάθε χώρας συν την τιμή 1. Τέλος, σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αναφερθούν οι πηγές των δεδομένων της έρευνας. Οι δύο εισροές (κεφάλαιο και εργασία) και η επιθυμητή εκροή (ΑΕΠ) ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων του PennWorld Tables⁵. Η τρίτη εισροή (χρησιμοποιούμενη ενέργεια) και η μη επιθυμητή εκροή (εκπομπές CO₂) ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων του WorldBank Group⁶. Αναλυτικά όλες οι τιμές των μεταβλητών παρουσιάζονται σε πίνακες στο παράρτημα Β.

3.2. Το μοντέλο

Οι αποδόσεις κλίμακας που επιλέχθηκαν είναι οι σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS). Σύμφωνα με τους Picazo-Tadeo (2012) για την ανάλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων η πιο

⁵ Τα δεδομένα ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>.

⁶ Τα δεδομένα ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>.

κατάλληλη παραδοχή είναι αυτή των σταθερών αποδόσεων κλίμακας. Γενικά, οι σταθερές αποδόσεις κλίμακας είναι μια πολύ κοινή παραδοχή στην οικονομική θεωρία (Zelenyuk & Zheka, 2006). Μάλιστα οι Zelenyuk & Zheka (2006), Shiu & Zelenyuk (2011) και Zelenyuk & Zelenyuk (2014) δηλώνουν ότι η παραδοχή κατά CRS μας επιτρέπει μεγαλύτερη διακριτική ισχύ, με την έννοια ότι είναι σε θέση να εντοπίσει υψηλότερα επίπεδα μη αποδοτικότητας, σε σχέση με τις μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS). Πολλές μελέτες εφάρμοσαν σταθερές αποδόσεις κλίμακας (Tyteca, 1996,1997 • Färe et al., 2004 • Zhou et al., 2008a). Από μεθοδολογικής απόψεως, μάλιστα, οι Zhou et al. (2008a) αποδεικνύουν ότι η τεχνολογία κατά CRS και η ακτινική μέτρηση της αποδοτικότητας είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις. Τέλος, το λογισμικό στο οποίο έγινε η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι το MaxDea 7 Basic.

Για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της eco-efficiency δημιουργήσαμε τρία μοντέλα στα οποία εφαρμόζουμε την ΠΑΔ. Το πρώτο μοντέλο, ακολουθώντας τη θεώρηση των Kuosmanen & Kortelainen (2005) και Kortelainen (2008), χρησιμοποιεί ως εισροή τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και ως επιθυμητή εκροή το ΑΕΠ (GDP), θεωρώντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS) και είναι οριοθετημένο ως προς την εισροή (input-oriented) (σχήμα 3.1). Επίσης, ακολουθώντας αρκετές μελέτες (Reinhard et al., 2000 • Dyckhoff & Allen, 2001 • Hailu & Veeman, 2001 • Tsolas, 2005 • Halkos, & Tzeremes, 2014) αντιμετωπίσαμε την μη επιθυμητή εκροή ως εισροή για το γεγονός ότι, τόσο οι καθιερωμένες εισροές όσο και οι μη επιθυμητές εκροές, αποτελούν μέρος του κόστους των χωρών (Tsolas, 2011).

Σχήμα 3.1: Πρώτο μοντέλο

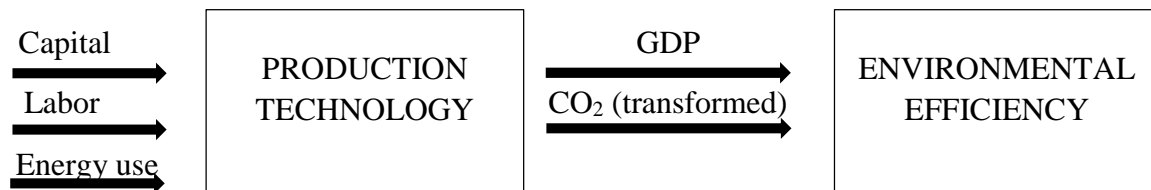


(Ιδία επεξεργασία)

Στο δεύτερο μοντέλο, ακολουθώντας τη θεώρηση των Seiford & Zhu (2002), χρησιμοποιούμε ως εισροές το κεφάλαιο (capital), την εργασία (labor) και την χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use) και ως εκροές το ΑΕΠ (GDP) και το μετασχηματισμένο διοξείδιο του άνθρακα

(CO₂ transformed). Θεωρούμε και πάλι σταθερές αποδόσεις κλίμακας και το μοντέλο είναι οριοθετημένο ως προς τις εκροές (output-oriented) (σχήμα 3.2).

Σχήμα 3.2: Δεύτερο μοντέλο



(Ιδία επεξεργασία)

Έτσι, λοιπόν, μετά την εφαρμογή του μετασχηματισμού του Seiford & Zhu (2002) το data domain της ΠΑΔ θα γίνει:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ \bar{Y}^b \\ -X \end{bmatrix}$$

όπου η j -οστή στήλη της μετασχηματισμένης, μη-επιθυμητής εκροής θα είναι τώρα $\bar{y}_j^b = -y_j^b + w > 0$.

Επομένως, το γραμμικό πρόβλημα γίνεται:

$\max h$ έτσι ώστε

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^g = h y_o^g,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \bar{y}_j^b = h \bar{y}_o^b,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j x_j = x_o,$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$

Όπου:

$$n = 20$$

y_j^g = j – οστή επιθυμητή εκροή

\bar{y}_j^b = j – οστή μετασχηματισμένη μη επιθυμητή εκροή

$x_j = j$ – οστή εισροή

y_0^g = επιθυμητή εκροή της MLA_0

\bar{y}_0^b = μετασχηματισμένη μη επιθυμητή εκροή της MLA_0

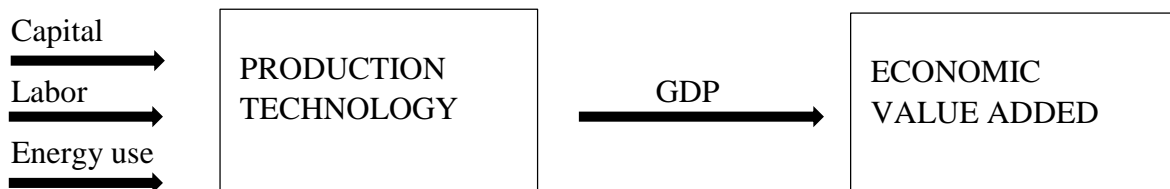
x_0 = εισροή της MLA_0

z_j = βέλτιστες σταθμίσεις

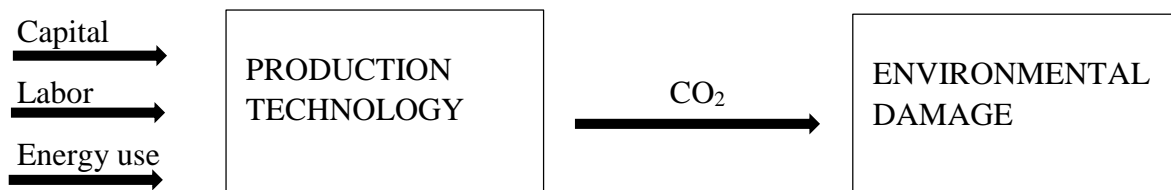
Στο τρίτο μοντέλο ακολουθώντας τη θεώρηση των Kuosmanen & Kortelainen (2005) για να μετρήσουμε την eco-efficiency κατασκευάζουμε έναν λόγο που έχει ως αριθμητή την οικονομικά προστιθέμενη αξία και ως παρονομαστή τις περιβαλλοντικές πιέσεις. Ο αριθμητής δημιουργήθηκε από την εφαρμογή του μοντέλου της ΠΑΔ με εισροές το κεφάλαιο, την εργασία και την χρησιμοποιούμενη ενέργεια και με μία εκροή (επιθυμητή) το ΑΕΠ, κατά σταθερές αποδόσεις κλίμακας και οριοθετημένο ως προς την εκροή. Ομοίως, ο παρονομαστής δημιουργήθηκε από την εφαρμογή του μοντέλου της ΠΑΔ με εισροές το κεφάλαιο, την εργασία και την χρησιμοποιούμενη ενέργεια και με μία εκροή (μη επιθυμητή) το CO₂, κατά σταθερές αποδόσεις κλίμακας και οριοθετημένο ως προς την εκροή (σχήμα 3.3).

Σχήμα 3.3: Τρίτο μοντέλο

1^ο στάδιο (αριθμητής)



2^ο στάδιο (παρονομαστής)



Συνεπώς:

$$Eco - efficiency = \frac{Economic\ value\ added}{Environmental\ damage}$$

(Ιδία επεξεργασία)

Κεφάλαιο 4

Εμπειρικά αποτελέσματα

4.1 Εφαρμογή της ΠΑΔ

Με τη χρήση της ΠΑΔ υπολογίστηκαν οι τρεις δείκτες περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και eco-efficiency των 18 χωρών της ομάδας των G-20 του δείγματος για τα έτη από το 1991 έως το 2014. Ο πρώτος δείκτης εκφράζει την eco-efficiency, με τις τιμές του να κυμαίνονται από το 0 (αναποδοτική) έως το 1 (πλήρως αποδοτική). Ο δεύτερος δείκτης είναι κατά Seiford & Zhu (2002) που εκφράζει την περιβαλλοντική αποδοτικότητα, με τις τιμές και εδώ να κυμαίνονται από το 0 (αναποδοτική) έως το 1 (πλήρως αποδοτική). Ο τρίτος δείκτης είναι ο νέος δείκτης που κατασκευάστηκε με βάση τη θεωρία και εκφράζει την eco-efficiency, με τις μικρές τιμές (μικρότερες ή ίσες του 1) να δηλώνουν αναποδοτικότητα και τις υψηλές τιμές (μεγαλύτερες του 2) να δηλώνουν πλήρη αποδοτικότητα. Τα αναλυτικά αποτελέσματα και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (Mean: μέσος όρος, Std: τυπική απόκλιση, Max: μέγιστη τιμή ανά έτος και Min: ελάχιστη τιμή ανά έτος) για τον καθένα δείκτη παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 4.1, 4.2, 4.3, αντίστοιχα.

Οι Halkos & Tzeremes (2016) τονίζουν ότι η βαθμολογία της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας αντικατοπτρίζει την ικανότητα μιας χώρας να μεγιστοποιεί τις επιθυμητές εκροές της, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις μη επιθυμητές εκροές με τις δεδομένες ποσότητες εισροών. Δηλαδή, μια χώρα θα είναι περιβαλλοντικά αποδοτική όταν μεγιστοποιεί το ΑΕΠ της, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με τις δεδομένες τιμές του κεφαλαίου, της εργασίας και της χρησιμοποιούμενης ενέργειας.

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 4.1) παρατηρούμε ότι οι περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες, με βάση τον πρώτο δείκτη, είναι ελάχιστες. Για τα έτη 1991-1998 η Βραζιλία είναι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτική, με τα έτη 1999-2013 να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, και για τα έτη 1999-2014 η Γαλλία είναι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτική, με τα έτη 1991-1998 να κυμαίνεται, επίσης, σε υψηλά επίπεδα. Η λιγότερο περιβαλλοντικά αποδοτική για όλα τα έτη από το 1991 έως το 2014 είναι η Νότια Αφρική. Σε, επίσης, χαμηλά επίπεδα, όντας μη περιβαλλοντικά αποδοτικές, κυμαίνονται η Κίνα, η Σαουδική Αραβία και οι ΗΠΑ. Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα Γ.1 (παράρτημα Γ) παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των χωρών για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Επιπρόσθετα, παρατηρώντας την τυπική απόκλιση συμπεραίνουμε ότι στη διάρκεια των ετών κατά μέσο όρο η περιβαλλοντική αποδοτικότητα

διαφέρει στα ίδια επίπεδα από την μέση περιβαλλοντική αποδοτικότητα, σημειώνοντας ότι το 1993 έχει την υψηλότερη διαφορά κατά 23,39% (0.2339) και το 2005 την χαμηλότερη κατά 20,58% (0.2058). Γενικότερα, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι χώρες του δείγματος στην πλειοψηφία τους στη διάρκεια των ετών 1991-2014 δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Πίνακας 4.1: Αποδοτικότητες χωρών για τα έτη 1991-2014 του πρώτου δείκτη.

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
| Argentina | 0.4692 | 0.5221 | 0.6001 | 0.6246 | 0.6099 | 0.6785 | 0.7522 | 0.8050 |
| Australia | 0.4101 | 0.4072 | 0.3953 | 0.3835 | 0.3654 | 0.3281 | 0.3702 | 0.3985 |
| Brazil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Canada | 0.4444 | 0.4246 | 0.4166 | 0.3961 | 0.3731 | 0.3402 | 0.3722 | 0.3982 |
| China | 0.2612 | 0.2671 | 0.2682 | 0.2479 | 0.2321 | 0.2122 | 0.2424 | 0.2734 |
| Germany | 0.5239 | 0.5533 | 0.5511 | 0.5400 | 0.5158 | 0.4655 | 0.5398 | 0.6060 |
| France | 0.8673 | 0.9235 | 0.9091 | 0.9184 | 0.8353 | 0.7269 | 0.8934 | 0.9477 |
| United Kingdom | 0.5612 | 0.5641 | 0.5778 | 0.5544 | 0.5418 | 0.5116 | 0.6248 | 0.6914 |
| Indonesia | 0.8133 | 0.7532 | 0.7209 | 0.7223 | 0.7134 | 0.6321 | 0.6346 | 0.7194 |
| India | 0.4122 | 0.4033 | 0.4028 | 0.3795 | 0.3530 | 0.3241 | 0.3612 | 0.4114 |
| Italy | 0.7994 | 0.8030 | 0.7938 | 0.7693 | 0.6958 | 0.6568 | 0.7338 | 0.8146 |
| Japan | 0.7630 | 0.7573 | 0.7666 | 0.6956 | 0.6621 | 0.6059 | 0.6683 | 0.7309 |
| Korea, Rep. | 0.5279 | 0.5094 | 0.4739 | 0.4553 | 0.4257 | 0.3857 | 0.4121 | 0.4769 |
| Mexico | 0.6430 | 0.6477 | 0.6246 | 0.5778 | 0.5098 | 0.4593 | 0.5019 | 0.5494 |
| Saudi Arabia | 0.2747 | 0.2712 | 0.2355 | 0.2120 | 0.2579 | 0.2320 | 0.3054 | 0.3154 |
| Turkey | 0.8319 | 0.8240 | 0.8417 | 0.7460 | 0.6667 | 0.6278 | 0.6789 | 0.7089 |
| United States | 0.4438 | 0.4417 | 0.4298 | 0.4108 | 0.3837 | 0.3575 | 0.3996 | 0.4490 |
| South Africa | 0.2206 | 0.2295 | 0.2144 | 0.1931 | 0.1747 | 0.1667 | 0.1765 | 0.1975 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mean | 0.5704 | 0.5724 | 0.5679 | 0.5459 | 0.5176 | 0.4839 | 0.5371 | 0.5830 |
| Std | 0.2297 | 0.2299 | 0.2339 | 0.2331 | 0.2196 | 0.2151 | 0.2266 | 0.2330 |
| Min | 0.2206 | 0.2295 | 0.2144 | 0.1931 | 0.1747 | 0.1667 | 0.1765 | 0.1975 |
| Max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Πίνακας 4.1: (συνέχεια).

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Argentina | 0.7174 | 0.6826 | 0.6880 | 0.6219 | 0.6581 | 0.6071 | 0.6174 | 0.5943 |
| Australia | 0.4037 | 0.3806 | 0.4021 | 0.3849 | 0.4300 | 0.4287 | 0.4310 | 0.4075 |
| Brazil | 0.9361 | 0.8569 | 0.8350 | 0.8400 | 0.9131 | 0.8994 | 0.8658 | 0.9048 |
| Canada | 0.4129 | 0.3934 | 0.3986 | 0.4000 | 0.4169 | 0.4282 | 0.4349 | 0.4334 |
| China | 0.2908 | 0.2797 | 0.2968 | 0.2925 | 0.2857 | 0.2708 | 0.2551 | 0.2430 |
| Germany | 0.6475 | 0.6073 | 0.6051 | 0.6106 | 0.6637 | 0.6745 | 0.6927 | 0.6626 |
| France | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| United Kingdom | 0.7157 | 0.6966 | 0.7161 | 0.7271 | 0.7544 | 0.7642 | 0.7671 | 0.7469 |
| Indonesia | 0.6326 | 0.5246 | 0.4839 | 0.4625 | 0.4795 | 0.4821 | 0.4957 | 0.5208 |
| India | 0.4124 | 0.3851 | 0.4041 | 0.4136 | 0.4602 | 0.4655 | 0.4759 | 0.4782 |
| Italy | 0.8248 | 0.7726 | 0.7977 | 0.7504 | 0.7613 | 0.7426 | 0.7294 | 0.7272 |
| Japan | 0.6992 | 0.6494 | 0.6585 | 0.6386 | 0.6734 | 0.6655 | 0.6606 | 0.6434 |
| Korea, Rep. | 0.4832 | 0.4312 | 0.4460 | 0.4560 | 0.4998 | 0.5026 | 0.5351 | 0.5194 |
| Mexico | 0.5577 | 0.5631 | 0.5517 | 0.5412 | 0.5548 | 0.5833 | 0.5730 | 0.5653 |
| Saudi Arabia | 0.3227 | 0.2622 | 0.2555 | 0.2444 | 0.2814 | 0.2697 | 0.3133 | 0.3192 |
| Turkey | 0.6866 | 0.6443 | 0.6961 | 0.6408 | 0.6078 | 0.6562 | 0.6569 | 0.6302 |
| United States | 0.4582 | 0.4267 | 0.4410 | 0.4346 | 0.4693 | 0.4722 | 0.4647 | 0.4650 |
| South Africa | 0.1997 | 0.1927 | 0.2049 | 0.2233 | 0.2138 | 0.1992 | 0.2216 | 0.2120 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mean | 0.5779 | 0.5416 | 0.5489 | 0.5379 | 0.5624 | 0.5618 | 0.5661 | 0.5596 |
| Std | 0.2222 | 0.2170 | 0.2157 | 0.2094 | 0.2129 | 0.2140 | 0.2058 | 0.2082 |
| Min | 0.1997 | 0.1927 | 0.2049 | 0.2233 | 0.2138 | 0.1992 | 0.2216 | 0.2120 |
| Max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Πίνακας 4.1: (συνέχεια).

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Argentina | 0.6039 | 0.5776 | 0.591 | 0.6122 | 0.6031 | 0.6098 | 0.6074 | 0.5029 |
| Australia | 0.3849 | 0.3854 | 0.3646 | 0.3893 | 0.3681 | 0.3641 | 0.3691 | 0.3440 |
| Brazil | 0.8943 | 0.9126 | 0.9811 | 0.9705 | 0.9387 | 0.8733 | 0.8071 | 0.6851 |
| Canada | 0.4066 | 0.4138 | 0.3804 | 0.3959 | 0.3759 | 0.3910 | 0.3836 | 0.3416 |
| China | 0.2317 | 0.2203 | 0.2229 | 0.2189 | 0.1964 | 0.2043 | 0.2056 | 0.1980 |
| Germany | 0.6831 | 0.6873 | 0.6801 | 0.6622 | 0.6577 | 0.6481 | 0.6309 | 0.6195 |
| France | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| United Kingdom | 0.7098 | 0.7115 | 0.7269 | 0.6738 | 0.6842 | 0.6717 | 0.7064 | 0.7062 |
| Indonesia | 0.4954 | 0.5227 | 0.5293 | 0.6360 | 0.4977 | 0.4922 | 0.6456 | 0.6387 |
| India | 0.4587 | 0.4482 | 0.4238 | 0.4791 | 0.4479 | 0.4312 | 0.4299 | 0.3752 |
| Italy | 0.7267 | 0.7545 | 0.7947 | 0.7700 | 0.7311 | 0.7857 | 0.8079 | 0.7838 |
| Japan | 0.5995 | 0.5945 | 0.6077 | 0.5892 | 0.5183 | 0.5005 | 0.4800 | 0.4417 |
| Korea, Rep. | 0.4824 | 0.4596 | 0.4423 | 0.4208 | 0.3743 | 0.3795 | 0.3730 | 0.3545 |
| Mexico | 0.5473 | 0.5423 | 0.5174 | 0.5570 | 0.5242 | 0.5165 | 0.5163 | 0.4818 |
| Saudi Arabia | 0.3618 | 0.3966 | 0.3133 | 0.3303 | 0.3872 | 0.3679 | 0.3698 | 0.2944 |
| Turkey | 0.5752 | 0.6061 | 0.5946 | 0.6008 | 0.5695 | 0.5841 | 0.5955 | 0.5242 |
| United States | 0.4320 | 0.4347 | 0.4414 | 0.4314 | 0.4069 | 0.4274 | 0.4166 | 0.3756 |
| South Africa | 0.1995 | 0.1870 | 0.1757 | 0.1886 | 0.1823 | 0.1843 | 0.1824 | 0.1581 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 0.5440 | 0.5475 | 0.5437 | 0.5514 | 0.5257 | 0.5240 | 0.5293 | 0.4903 |
| Std | 0.2084 | 0.2127 | 0.2313 | 0.2229 | 0.2203 | 0.2157 | 0.2155 | 0.2163 |
| Min | 0.1995 | 0.1870 | 0.1757 | 0.1886 | 0.1823 | 0.1843 | 0.1824 | 0.1581 |
| Max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Από τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.2) παρατηρούμε για τις περισσότερες χώρες, όσον αφορά το δεύτερο δείκτη, ότι τα επίπεδα περιβαλλοντικής αποδοτικότητας είναι υψηλά. Για τα έτη 1991-2014 οι Αργεντινή, Κίνα, Ινδονησία, Ινδία, Ιταλία, Σαουδική Αραβία, Τουρκία και ΗΠΑ είναι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές. Επίσης, πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές είναι οι εξής χώρες: η Αυστραλία για τα έτη 1994-2004 και 2010-2014, η Βραζιλία για τα έτη 1993-2012, η Γαλλία για τα έτη 1999-2002, το Ηνωμένο Βασίλειο για τα έτη 2000-2004, η Ιαπωνία για τα έτη 1991-1993, το Μεξικό για τα έτη 2007-2008 και η Νότια Αφρική για τα έτη 1991-2012. Όλες οι προαναφερόμενες χώρες και τις υπόλοιπες χρονιές παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά αποδοτικότητας (πλησιάζοντας τη μονάδα), με μοναδικές εξαιρέσεις την Ιαπωνία η οποία από το 2000 έως το 2014 έχει μια φθίνουσα πορεία, όντας η λιγότερο αποδοτική, και το Μεξικό που παρουσιάζει μία μικρή πτώση την περίοδο 1995-1997. Οι λιγότερο περιβαλλοντικά αποδοτικές, έχοντας τις ελάχιστες τιμές, εμφανίζονται η Γερμανία για τα έτη 1991-1994 και 1999-2000, το Μεξικό για τα έτη 1995-1997, η Κορέα για τα έτη 1998, 2001-2008 και 2010-2013 και η Ιαπωνία για τα έτη 2009 και 2014. Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα Γ.2 (παράρτημα Γ) παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των χωρών για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Τέλος, παρατηρώντας την τυπική απόκλιση συμπεραίνουμε ότι στη

διάρκεια των ετών κατά μέσο όρο η περιβαλλοντική αποδοτικότητα διαφέρει στα ίδια επίπεδα από την μέση περιβαλλοντική αποδοτικότητα, σημειώνοντας ότι το 2012 έχει την υψηλότερη διαφορά κατά 8,98% (0.0898) και το 1994 την χαμηλότερη κατά 4,27% (0.0427).

Πίνακας 4.2: Αποδοτικότητες χωρών για τα έτη 1991-2014 του δεύτερου δείκτη.

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΧΩΠΑ | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
| Argentina | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Australia | 0.9900 | 0.9773 | 0.9949 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Brazil | 0.9629 | 0.9735 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Canada | 0.9332 | 0.9080 | 0.9144 | 0.9313 | 0.9509 | 0.9264 | 0.9366 | 0.9330 |
| China | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 0.8521 | 0.8540 | 0.8455 | 0.8598 | 0.8603 | 0.8416 | 0.8515 | 0.8605 |
| France | 0.9636 | 0.9679 | 0.9526 | 0.9718 | 0.9538 | 0.9282 | 0.9581 | 0.9989 |
| United Kingdom | 0.9380 | 0.9366 | 0.9286 | 0.9404 | 0.9394 | 0.9207 | 0.9484 | 0.9704 |
| Indonesia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| India | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Italy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Japan | 1 | 1 | 1 | 0.9953 | 0.9897 | 0.9421 | 0.9243 | 0.9024 |
| Korea, Rep. | 0.9330 | 0.9139 | 0.8600 | 0.9445 | 0.9395 | 0.8935 | 0.8754 | 0.8432 |
| Mexico | 0.8826 | 0.8891 | 0.8562 | 0.8949 | 0.8316 | 0.8133 | 0.8191 | 0.8761 |
| Saudi Arabia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Turkey | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 0.9697 | 0.9678 | 0.9640 | 0.9743 | 0.9703 | 0.9592 | 0.9619 | 0.9658 |
| Std | 0.0452 | 0.0467 | 0.0571 | 0.0427 | 0.0509 | 0.0602 | 0.0586 | 0.0560 |
| Min | 0.8521 | 0.8540 | 0.8455 | 0.8598 | 0.8316 | 0.8133 | 0.8191 | 0.8432 |
| Max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Πίνακας 4.2: (συνέχεια).

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Argentina | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Australia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9544 | 0.9320 |
| Brazil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Canada | 0.9540 | 0.9837 | 0.9632 | 0.9615 | 0.9903 | 0.9930 | 0.9726 | 0.9159 |
| China | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 0.8740 | 0.8643 | 0.8719 | 0.8829 | 0.9069 | 0.9043 | 0.9176 | 0.9099 |
| France | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9904 | 0.9682 | 0.9629 | 0.9600 |
| United Kingdom | 0.9945 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9853 | 0.9783 |
| Indonesia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| India | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Italy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Japan | 0.9018 | 0.8888 | 0.8800 | 0.8743 | 0.8772 | 0.8591 | 0.8349 | 0.8189 |
| Korea, Rep. | 0.9029 | 0.8687 | 0.8406 | 0.8367 | 0.8402 | 0.8230 | 0.8136 | 0.8075 |
| Mexico | 0.8988 | 0.9778 | 0.9557 | 0.9387 | 0.9589 | 0.9401 | 0.9157 | 0.9857 |
| Saudi Arabia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Turkey | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mean | 0.9737 | 0.9768 | 0.9728 | 0.9719 | 0.9758 | 0.9715 | 0.9643 | 0.9616 |
| Std | 0.0453 | 0.0480 | 0.0522 | 0.0527 | 0.0489 | 0.0544 | 0.0581 | 0.0620 |
| Min | 0.8740 | 0.8643 | 0.8406 | 0.8367 | 0.8402 | 0.8230 | 0.8136 | 0.8075 |
| Max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Πίνακας 4.2: (συνέχεια).

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Argentina | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Australia | 0.9001 | 0.9268 | 0.9585 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Brazil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9813 | 0.9520 |
| Canada | 0.9292 | 0.8667 | 0.8763 | 0.8486 | 0.7811 | 0.7621 | 0.7955 | 0.8407 |
| China | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 0.9371 | 0.9291 | 0.8938 | 0.8989 | 0.9088 | 0.8975 | 0.9003 | 0.9246 |
| France | 0.9677 | 0.9515 | 0.9709 | 0.9605 | 0.9544 | 0.9639 | 0.9710 | 0.9879 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| United Kingdom | 0.9671 | 0.9454 | 0.9334 | 0.9006 | 0.9115 | 0.9134 | 0.9284 | 0.9360 |
| Indonesia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| India | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Italy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Japan | 0.8293 | 0.7953 | 0.7713 | 0.7997 | 0.7745 | 0.7758 | 0.7742 | 0.7750 |
| Korea, Rep. | 0.8016 | 0.7698 | 0.7919 | 0.7981 | 0.7472 | 0.7514 | 0.7636 | 0.7985 |
| Mexico | 1 | 1 | 0.9532 | 0.9924 | 0.9704 | 0.9673 | 0.9611 | 0.9979 |
| Saudi Arabia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Turkey | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9856 | 0.9562 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 0.9629 | 0.9547 | 0.9527 | 0.9555 | 0.9471 | 0.9462 | 0.9478 | 0.9538 |
| Std | 0.0617 | 0.0733 | 0.0732 | 0.0727 | 0.0879 | 0.0898 | 0.0832 | 0.0737 |
| Min | 0.8016 | 0.7698 | 0.7713 | 0.7981 | 0.7472 | 0.7514 | 0.7636 | 0.7750 |
| Max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Παρατηρώντας τον πίνακα του δείκτη που κατασκευάσαμε (πίνακας 4.3) διαπιστώνουμε ότι οι περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες είναι ελάχιστες. Η Βραζιλία και η Γαλλία για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο 1991-2014 εμφανίζονται με υψηλές τιμές περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, μεγαλύτερες του 2. Συγκεκριμένα, την περίοδο 1991-1998 και 2005-2013 η Βραζιλία κατέχει τις μέγιστες τιμές στο σύνολο του δείγματος, ενώ η Γαλλία τις κατέχει για την περίοδο 1999-2004 και το 2014. Από την άλλη, οι λιγότερο περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες με τιμές μικρότερες ή ίσες του 1 εμφανίζονται η Σαουδική Αραβία, η Νότια Αφρική, οι ΗΠΑ και η Κίνα. Πιο ειδικά, τις ελάχιστες τιμές στο σύνολο του δείγματος ανά περιόδους τις κατέχουν οι προαναφερόμενες χώρες ως εξής: 1991-2004 η Σαουδική Αραβία, 2005-2014 η Νότια Αφρική και 2006-2008 η Σαουδική Αραβία, οι ΗΠΑ και η Κίνα. Για τις υπόλοιπες χώρες οι τιμές τους κυμαίνονται μεταξύ 1 και 2. Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα Γ.3 (παράρτημα Γ) παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των χωρών για το χρονικό διάστημα 1991-2014. Επιπλέον, παρατηρώντας την τυπική απόκλιση συμπεραίνουμε ότι στη διάρκεια των ετών κατά μέσο όρο η περιβαλλοντική αποδοτικότητα διαφέρει στα ίδια επίπεδα από την μέση περιβαλλοντική αποδοτικότητα, σημειώνοντας ότι το 2011 έχει την υψηλότερη διαφορά κατά 61,90% (0.6190) και το 1991 την χαμηλότερη κατά 43,78% (0.4378). Γενικότερα,

οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι χώρες του δείγματος στην πλειοψηφία τους στη διάρκεια των ετών 1991-2014 δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Πίνακας 4.3: Αποδοτικότητες χωρών για τα έτη 1991-2014 του τρίτου δείκτη.

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
| Argentina | 1.5943 | 1.6440 | 1.7252 | 2.0734 | 2.1358 | 2.3788 | 2.4139 | 2.4098 |
| Australia | 1.1689 | 1.1616 | 1.2522 | 1.2220 | 0.9964 | 1.0238 | 0.9264 | 0.8874 |
| Brazil | 2.3962 | 2.4746 | 2.5695 | 2.6933 | 2.9246 | 2.9904 | 2.7870 | 2.5538 |
| Canada | 1.2333 | 1.1797 | 1.2476 | 1.2187 | 1.0124 | 1.0473 | 0.9316 | 0.9029 |
| China | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 1.2531 | 1.3150 | 1.3508 | 1.3823 | 1.3776 | 1.3370 | 1.3858 | 1.4127 |
| France | 2.1143 | 2.2476 | 2.3119 | 2.4466 | 2.3027 | 2.1696 | 2.3760 | 2.3001 |
| United Kingdom | 1.4155 | 1.4150 | 1.5237 | 1.5634 | 1.5906 | 1.5713 | 1.7183 | 1.7239 |
| Indonesia | 2.0877 | 1.9500 | 1.9274 | 2.0265 | 2.1545 | 2.0265 | 1.9170 | 2.3737 |
| India | 1.5780 | 1.5099 | 1.5016 | 1.5310 | 1.5211 | 1.5253 | 1.4828 | 1.4655 |
| Italy | 1.8430 | 1.8634 | 1.9065 | 1.9265 | 1.8229 | 1.8603 | 1.8365 | 1.8142 |
| Japan | 1.4897 | 1.5664 | 1.7031 | 1.6995 | 1.7333 | 1.6871 | 1.6758 | 1.6534 |
| Korea, Rep. | 1.4769 | 1.4338 | 1.3630 | 1.5546 | 1.5814 | 1.4570 | 1.3993 | 1.4305 |
| Mexico | 1.3329 | 1.3719 | 1.3651 | 1.4333 | 1.3629 | 1.2904 | 1.2948 | 1.3360 |
| Saudi Arabia | 0.8543 | 0.8521 | 0.8018 | 0.7212 | 0.7120 | 0.7457 | 0.7643 | 0.7025 |
| Turkey | 1.7762 | 1.7461 | 1.7598 | 1.8395 | 1.7719 | 1.7090 | 1.7107 | 1.7004 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 0.9158 | 0.8765 | 0.8484 | 0.9269 | 0.9161 | 0.8856 | 0.9112 | 0.9873 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mean | 1.4739 | 1.4782 | 1.5087 | 1.5699 | 1.5509 | 1.5392 | 1.5295 | 1.5364 |
| Std | 0.4378 | 0.4543 | 0.4793 | 0.5310 | 0.5788 | 0.5869 | 0.5820 | 0.5791 |
| Min | 0.8543 | 0.8521 | 0.8018 | 0.7212 | 0.7120 | 0.7457 | 0.7643 | 0.7025 |
| Max | 2.3962 | 2.4746 | 2.5695 | 2.6933 | 2.9246 | 2.9904 | 2.7870 | 2.5538 |

Πίνακας 4.3: (συνέχεια).

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ΧΩΠΑ | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Argentina | 2.2205 | 2.1416 | 1.9661 | 1.6766 | 1.8617 | 1.7768 | 1.6850 | 1.8568 |
| Australia | 0.8809 | 1.0349 | 1.0533 | 1.0827 | 1.0844 | 1.2002 | 1.1866 | 1.1829 |
| Brazil | 2.3557 | 2.2947 | 2.1382 | 2.1946 | 2.3753 | 2.4442 | 2.4792 | 2.7417 |

| | | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Canada | 0.9392 | 1.1131 | 1.0947 | 1.1464 | 1.1451 | 1.3351 | 1.3231 | 1.3200 |
| China | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 1.5211 | 1.5365 | 1.4791 | 1.4992 | 1.5631 | 1.6280 | 1.6470 | 1.5783 |
| France | 2.4611 | 2.6534 | 2.5419 | 2.5207 | 2.5072 | 2.5198 | 2.4240 | 2.3758 |
| United Kingdom | 1.8142 | 1.8649 | 1.8253 | 1.8436 | 1.8927 | 1.9867 | 1.9016 | 1.8646 |
| Indonesia | 2.0352 | 1.7487 | 1.4891 | 1.3996 | 1.5456 | 1.6347 | 1.7367 | 1.9553 |
| India | 1.3523 | 1.3126 | 1.3067 | 1.3968 | 1.5493 | 1.5769 | 1.5613 | 1.5454 |
| Italy | 1.8 | 1.8466 | 1.8418 | 1.7814 | 1.6932 | 1.6693 | 1.6251 | 1.6349 |
| Japan | 1.5816 | 1.5549 | 1.5109 | 1.4643 | 1.4704 | 1.4561 | 1.4508 | 1.4438 |
| Korea, Rep. | 1.4644 | 1.3431 | 1.3034 | 1.2666 | 1.3614 | 1.4179 | 1.4127 | 1.3758 |
| Mexico | 1.3771 | 1.4457 | 1.3026 | 1.2549 | 1.3304 | 1.4178 | 1.3801 | 1.5104 |
| Saudi Arabia | 0.7043 | 0.7458 | 0.7077 | 0.7332 | 0.7713 | 0.8614 | 0.9838 | 1 |
| Turkey | 1.7193 | 1.6226 | 1.5821 | 1.3741 | 1.4206 | 1.5313 | 1.4810 | 1.5815 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 1 | 1 | 0.9415 | 0.8165 | 0.8942 | 0.9229 | 0.9438 | 1 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mean | 1.5126 | 1.5144 | 1.4491 | 1.4140 | 1.4703 | 1.5211 | 1.5123 | 1.5537 |
| Std | 0.5326 | 0.5117 | 0.4735 | 0.4619 | 0.4757 | 0.4653 | 0.4428 | 0.4795 |
| Min | 0.7043 | 0.7458 | 0.7077 | 0.7332 | 0.7713 | 0.8614 | 0.9438 | 1 |
| Max | 2.4611 | 2.6534 | 2.5419 | 2.5207 | 2.5072 | 2.5198 | 2.4792 | 2.7417 |

Πίνακας 4.3: (συνέχεια).

| | ΕΤΟΣ | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΧΩΠΑ | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Argentina | 2.2253 | 2.1916 | 2.2656 | 2.2423 | 2.1788 | 2.1717 | 2.1971 | 2.0994 |
| Australia | 1.0545 | 1.0082 | 1.1545 | 1.2322 | 1.0623 | 1.0823 | 1.0894 | 1.1694 |
| Brazil | 2.8670 | 2.9434 | 3.1726 | 3.1070 | 3.1784 | 2.8603 | 2.6516 | 2.3806 |
| Canada | 1.1986 | 1.1545 | 1.2103 | 1.2349 | 1.0891 | 1.1510 | 1.1384 | 1.1670 |
| China | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 1.7155 | 1.6848 | 1.6793 | 1.6453 | 1.6760 | 1.5778 | 1.5612 | 1.6913 |
| France | 2.3863 | 2.3405 | 2.3993 | 2.4323 | 2.4819 | 2.4122 | 2.4635 | 2.7924 |
| United Kingdom | 1.9109 | 1.8014 | 1.8058 | 1.6278 | 1.7374 | 1.6005 | 1.7206 | 1.9257 |
| Indonesia | 1.9531 | 2.0398 | 2.0187 | 2.2742 | 1.9859 | 1.8869 | 2.5139 | 2.6139 |
| India | 1.4908 | 1.4481 | 1.4133 | 1.4703 | 1.4676 | 1.3842 | 1.3820 | 1.3103 |
| Italy | 1.7174 | 1.7578 | 1.8752 | 1.8476 | 1.8098 | 1.8784 | 1.9733 | 2.1520 |
| Japan | 1.4696 | 1.4342 | 1.4464 | 1.4422 | 1.3291 | 1.2431 | 1.2238 | 1.2622 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Korea, Rep. | 1.3408 | 1.2206 | 1.2677 | 1.2332 | 1.1 | 1.1107 | 1.1048 | 1.1883 |
| Mexico | 1.5572 | 1.5347 | 1.5616 | 1.7109 | 1.6649 | 1.6467 | 1.6657 | 1.7213 |
| Saudi Arabia | 1 | 1 | 0.9878 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Turkey | 1.6674 | 1.6824 | 1.6474 | 1.6744 | 1.6382 | 1.6823 | 1.7401 | 1.7314 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 1 | 1 | 0.9223 | 0.8363 | 0.7396 | 0.7326 | 0.7299 | 0.7350 |

Περιγραφικά χαρακτηριστικά

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mean | 1.5864 | 1.569 | 1.6015 | 1.6117 | 1.5633 | 1.5234 | 1.5642 | 1.6078 |
| Std | 0.5347 | 0.5502 | 0.5907 | 0.5950 | 0.6190 | 0.5612 | 0.5913 | 0.6101 |
| Min | 1 | 1 | 0.9223 | 0.8363 | 0.7396 | 0.7326 | 0.7299 | 0.7350 |
| Max | 2.867 | 2.9434 | 3.1726 | 3.1070 | 3.1784 | 2.8603 | 2.6516 | 2.7924 |

Στη συνέχεια, ο πίνακας 4.4 παρουσιάζει τη μέση αποδοτικότητα των χωρών για κάθε έναν δείκτη. Παρατηρούμε ότι οι δείκτες 1 και 3 παρουσιάζουν μια ακολουθία ως προς τις τιμές τους και τη γενική σειρά κατάταξης των χωρών. Έτσι μέσα στις πέντε πρώτες χώρες εμφανίζονται να είναι κοινές και στους δύο δείκτες η Βραζιλία, η Γαλλία και η Ιταλία, με αποδοτικότητα πάνω από το 0.75 (1^{ος} δείκτης) και το 2.04 (3^{ος} δείκτης). Ενώ, αντίστοιχα, στις πέντε τελευταίες χώρες οι κοινές είναι η Αυστραλία, η Κίνα, η Σαουδική Αραβία και η Νότια Αφρική, με αποδοτικότητα κάτω του 0.30 (1^{ος} δείκτης) και του 1 (3^{ος} δείκτης). Από την άλλη, οι μέσες αποδοτικότητες που αφορούν το δεύτερο δείκτη εμφανίζονται να είναι υψηλές παίρνοντας τιμές πάνω από το 0.83, καθιστώντας όλες τις χώρες απόλυτα ή σχεδόν αποδοτικές. Αυτή η ανακολουθία που υπάρχει ανάμεσα στο 2^ο και στους άλλους δύο δείκτες οφείλεται στο γεγονός ότι έγινε μετατροπή της μη επιθυμητής εκροής (CO₂) σε μια μη-αρνητική εκροή η οποία μαζί με την επιθυμητή εκροή (ΑΕΠ) μας οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα που εκφράζει περισσότερο την αποδοτικότητα από οικονομικής απόψεως, αφού ουσιαστικά εξαλείφθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δηλ. το πραγματικό CO₂. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ο σχολιασμός των Färe & Grosskopf (2004) στην προσέγγιση των Seiford & Zhu (2002) που υποστηρίζουν ότι η μετατροπή των δεδομένων δεν δίνει τα ίδια αποτελέσματα, όπως ισχύει στη συνήθη εκτίμηση που συμβαίνει ταυτόχρονη μείωση των μη επιθυμητών εκροών και αύξηση των επιθυμητών. Το γεγονός αυτό συμβαίνει επειδή οι Seiford & Zhu (2002) δεν εφαρμόσανε ασθενή κατανομή (weak disposability) και μηδενική άρθρωση (null-jointness) των επιθυμητών και μη επιθυμητών εκροών. Μάλιστα, σύμφωνα με τους Färe & Grosskopf (2004) η αρχή της null-jointness είναι αυτή που περιγράφει το βασικό πρόβλημα της μόλυνσης

αφού, μέσω μιας δοθείσα τεχνολογίας, όταν παράγονται επιθυμητές εκροές οι μη επιθυμητές εκροές είναι υποπροϊόντα τους.

Πίνακας 4.4: Μέση αποδοτικότητα των χωρών και σειρά κατάταξής τους ανά δείκτη για τα έτη 1991-2014

| ΧΩΡΑ | Μέση αποδοτικότητα 1ου Δείκτη | Ranking | Μέση αποδοτικότητα 2ου Δείκτη | Ranking | Μέση αποδοτικότητα 3ου Δείκτη | Ranking |
|-----------------------|--|----------------|--|----------------|--|----------------|
| Argentina | 0.6232 | 7 | 1 | 1 | 2.0472 | 3 |
| Australia | 0.3873 | 15 | 0.9847 | 11 | 1.0916 | 14 |
| Brazil | 0.9214 | 2 | 0.9946 | 10 | 2.6489 | 1 |
| Canada | 0.3989 | 14 | 0.9112 | 15 | 1.1473 | 13 |
| China | 0.2465 | 17 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| Germany | 0.6137 | 8 | 0.8853 | 16 | 1.5207 | 8 |
| France | 0.9592 | 1 | 0.9710 | 12 | 2.4159 | 2 |
| United Kingdom | 0.6711 | 4 | 0.9548 | 13 | 1.7352 | 6 |
| Indonesia | 0.5937 | 9 | 1 | 1 | 1.9706 | 4 |
| India | 0.4182 | 13 | 1 | 1 | 1.4618 | 10 |
| Italy | 0.7636 | 3 | 1 | 1 | 1.8240 | 5 |
| Japan | 0.6362 | 6 | 0.8743 | 17 | 1.4996 | 9 |
| Korea, Rep. | 0.4511 | 11 | 0.8399 | 18 | 1.3420 | 12 |
| Mexico | 0.5503 | 10 | 0.9282 | 14 | 1.4529 | 11 |
| Saudi Arabia | 0.2997 | 16 | 1 | 1 | 0.8604 | 18 |
| Turkey | 0.6581 | 5 | 1 | 1 | 1.6579 | 7 |
| United States | 0.4297 | 12 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| South Africa | 0.1958 | 18 | 0.9976 | 9 | 0.8951 | 17 |

Συνοψίζοντας, από τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι, αν εξαιρέσουμε τον δεύτερο δείκτη, οι αποδοτικότητες όσον αφορά τον πρώτο και τρίτο δείκτη παρουσιάζουν στο σύνολό τους χαμηλές τιμές. Μόνο η Βραζιλία και η Γαλλία είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές, ενώ οι υπόλοιπες κυμαίνονται σε μεσαία και χαμηλά επίπεδα. Ιδιαίτερα η Κίνα, η Σαουδική Αραβία και η Νότια Αφρική παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές, καθιστώντας τις περιβαλλοντικά αναποδοτικές. Αυτή η εικόνα υποδηλώνει ότι στο σύνολό τους οι χώρες του δείγματος δεν εφάρμοσαν τις κατάλληλες περιβαλλοντικές πολιτικές, έτσι ώστε να συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών του CO₂, ενδιαφερόμενες μόνον για την οικονομική τους ανάπτυξη. Αυτό αποδεικνύεται και από τις υψηλές τιμές του δεύτερου δείκτη ο οποίος,

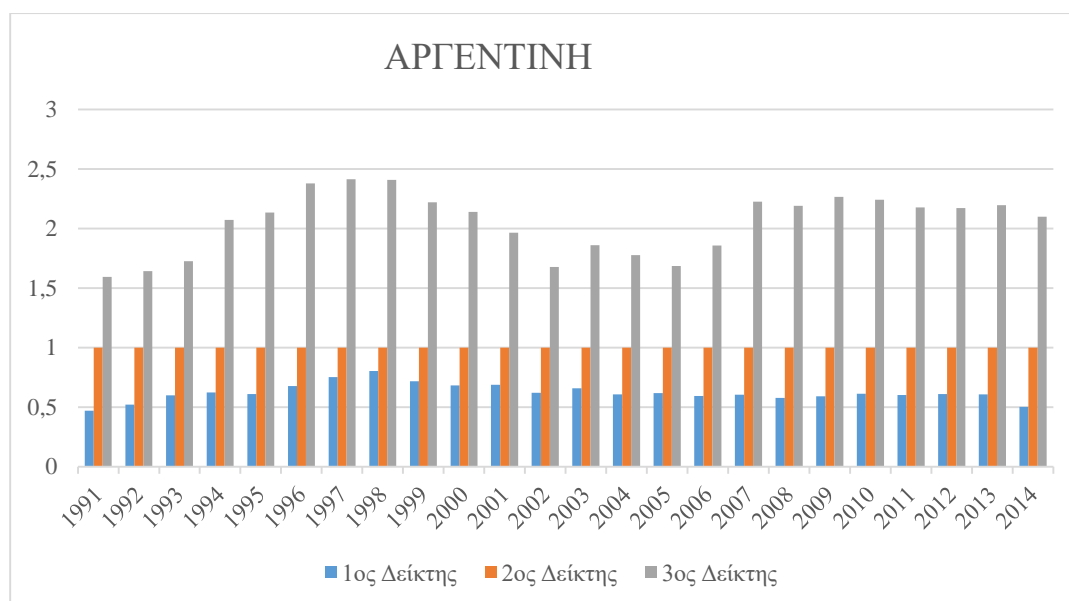
όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υποδηλώνει περισσότερο την οικονομική πλευρά της αποδοτικότητας.

4.2 Συγκριτική ανάλυση δεικτών ανά χώρα

Αργεντινή

Παρατηρώντας το διάγραμμα 4.1 η Αργεντινή για τη χρονική περίοδο 1991-1998 παρουσιάζει μια ανοδική πορεία, όσον αφορά τον πρώτο και τρίτο δείκτη. Το 1999 σε σχέση με το 1998 παρουσιάζει μία πτώση κατά 8,8% και 18,9%, αντίστοιχα, η οποία συνεχίζεται μέχρι το 2006. Το 2007 αυξάνεται πάλι κατά 1% και 36,8%, αντίστοιχα, κρατώντας μια σταθερή πορεία μέχρι και το 2013. Το έτος 2014 σημειώνεται πάλι πτώση κατά 10,4% και 9,8% σε σχέση με το 2013 για τον πρώτο και τρίτο δείκτη, αντίστοιχως. Όσον αφορά τον δεύτερο δείκτη, αυτός παραμένει σταθερός και ίσος με τη μονάδα σε όλη τη διάρκεια των ετών από το 1991 μέχρι το 2014.

Διάγραμμα 4.1: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Αργεντινή το χρονικό διάστημα 1991-2014

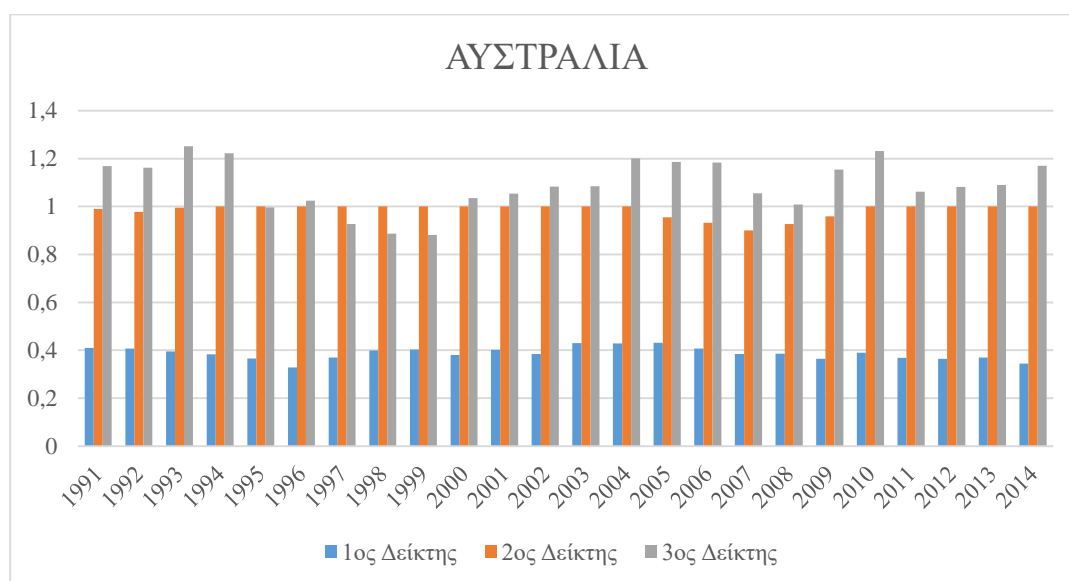


Αυστραλία

Από το διάγραμμα 4.2 παρατηρούμε ότι η Αυστραλία το χρονικό διάστημα 1991-1996 παρουσιάζει μία πτώση στην αποδοτικότητα, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, σε ποσοστό 8,2%. Από το 1996 μέχρι το 1999 έχει μια μικρή ανοδική πορεία κατά 7,5%, κάνοντας μια μικρή καμπή τα έτη 2000 και 2002 και στη συνέχεια αυξάνεται μέχρι το 2005, παίρνοντας την τιμή

0.4310. Από το 2005 στο 2006 μειώνεται κατά 2,4% η οποία μείωση συνεχίζεται μέχρι το 2014 φτάνοντας στην τιμή 0.3440. Ο δεύτερος δείκτης παρουσιάζει μια αυξητική πορεία από το 1991 έως το 1994 κατά 0,01% και από το 1994 έως το 2004 παραμένει σταθερός (=1). Από το έτος 2004 στο 2005 σημειώνεται μια μικρή πτώση κατά 0,05% μέχρι το 2007, οπότε και πάλι εμφανίζει ανοδική πορεία μέχρι το 2010 όπου και σταθεροποιείται στη μονάδα μέχρι το 2014. Όσον αφορά τον τρίτο δείκτη το χρονικό διάστημα 1991-1993 παρουσιάζει άνοδο κατά 8,3%. Από το 1993 μέχρι το 1999 έχει καθοδική πορεία κατά 37,1%, ενώ από το 1999 στο 2000 αυξάνεται κατά 15,4%. Από το 2000 έως το 2004 έχει ανοδική πορεία με ποσοστό 16,5%, η οποία και πάλι διακόπτεται μέχρι το 2008, σημειώνοντας πτώση κατά 19,2%. Από το 2008 στο 2009 εμφανίζεται σημαντική άνοδος κατά 14,6% και από το 2009 στο 2010, επίσης, αυξάνεται σε ποσοστό 7,8%, ενώ από το 2010 στο 2011 παρουσιάζει πτώση κατά 17%. Το διάστημα 2011-2014 αυξάνεται και πάλι κατά 10,7%.

Διάγραμμα 4.2: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Αυστραλία το χρονικό διάστημα 1991-2014



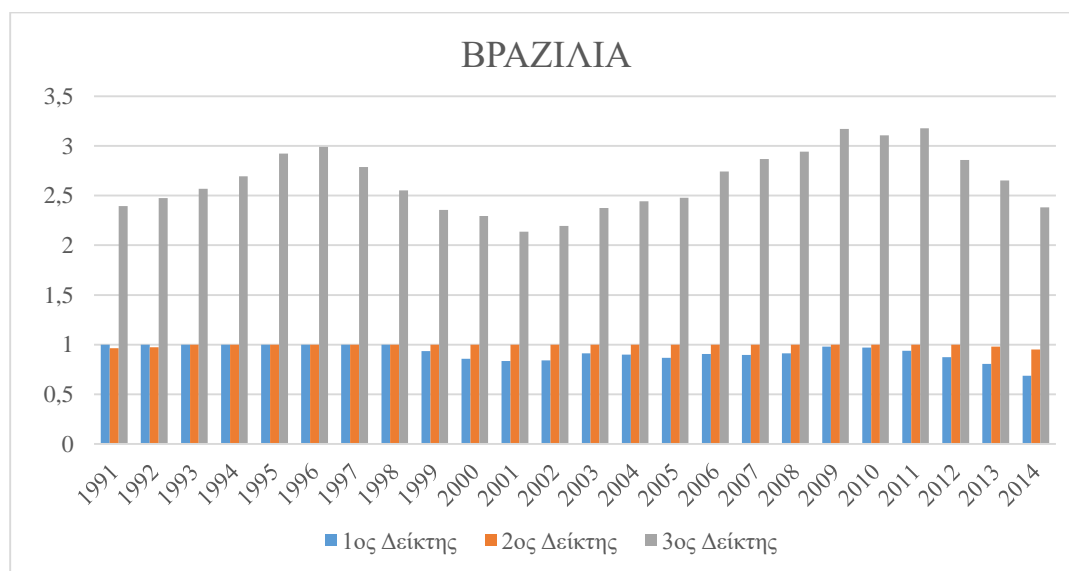
Βραζιλία

Η Βραζιλία, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, παρουσιάζει μια σταθερότητα από το 1991 έως το 1998, ενώ το 1999 σε σχέση με το προηγούμενο έτος σημειώνει μια πτώση σε ποσοστό 6,4%. Αυτή η πτώση συνεχίζεται μέχρι το 2002, οπότε και σημειώνεται άνοδος κατά 7,3% από το 2002 στο 2003. Από το 2003 μέχρι το 2009 εμφανίζονται μικρές αυξομειώσεις ανά έτος, ενώ το χρονικό διάστημα 2009-2014 παρατηρείται πτώση κατά 29,6%. Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει ανοδική πορεία από το 1991 έως το 1993 σε ποσοστό 3,7%, οπότε και παραμένει σταθερός για το

προσεχές χρονικό διάστημα 1993-2012, ενώ σημειώνει πτώση από το 2012 στο 2014 κατά 4,8%.

Σχετικά με τον τρίτο δείκτη το χρονικό διάστημα 1991-1996 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 59,4%, ενώ από το 1996 μέχρι το 2001 πέφτει κατά 85,2%. Στη συνέχεια, το χρονικό διάστημα 2001-2011 παρουσιάζει αυξητική πορεία, σημειώνοντας μόνο μια μικρή πτώση από το 2009 στο 2010 κατά 6,5%, όπου πάλι το 2011 αυξάνεται σε ποσοστό 7,2% σε σχέση με το 2010. Τέλος, το διάστημα 2010-2014 σημειώνεται πτώση κατά 79,8%.

Διάγραμμα 4.3: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τη Βραζιλία το χρονικό διάστημα 1991-2014



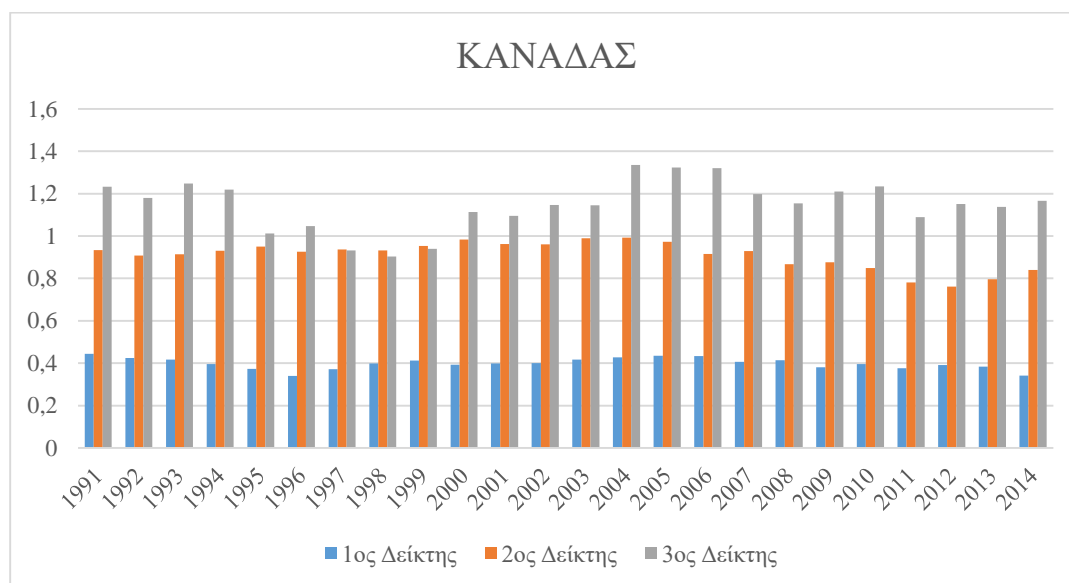
Καναδάς

Στο διάγραμμα 4.4 ο Καναδάς, για τον 1^ο δείκτη, από το 1991 έως το 1996 παρουσιάζει μια πτώση σε ποσοστό 10,4% και από το 1996 έως το 2006 έχει άνοδο κατά 9,3%. Από το 2006 μέχρι το 2012 εμφανίζει αυξομειώσεις ανά έτος, φτάνοντας στο 2014 να σημειώνει μείωση κατά 4,9% σε σχέση με το 2012. Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει μείωση κατά 2,5% από το 1991 στο 1992 και αύξηση το χρονικό διάστημα 1992-1995 σε ποσοστό 4,3%, ενώ το 1996 πέφτει σε σχέση με το 1995 κατά 2,4%. Το διάστημα 1996-2000 αυξάνεται κατά 5,7%, το 2000-2002 μειώνεται κατά 2,2% και από το 2002 στο 2004 πάλι αυξάνεται κατά 3,2%. Το χρονικό διάστημα 2004-2012 παρουσιάζει πτωτική τάση, με μικρές αυξομειώσεις ανά έτος, κατά 23%, ενώ από το 2012 έως το 2014 αυξάνεται σε ποσοστό 7,9%.

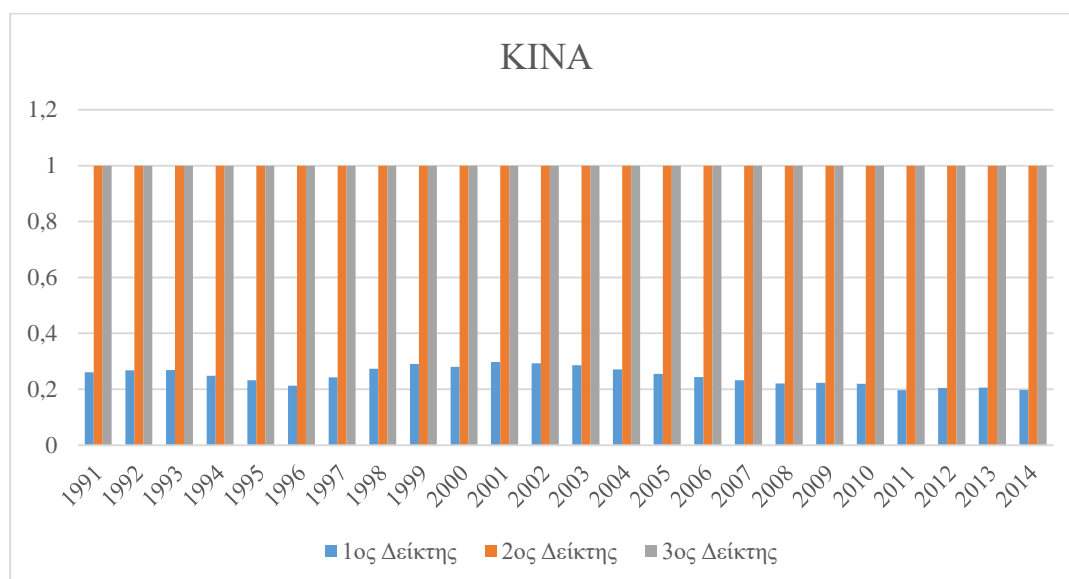
Ο 3^{ος} δείκτης εμφανίζει μείωση από το 1991 στο 1992 κατά 5,3%, το 1993 σε σχέση με το 1992 αυξάνεται κατά 6,8%, ενώ από το 1993 μέχρι το 1998 μειώνεται κατά 34,5%, με μια μόνο

μικρή αύξηση το 1996 σε σχέση με το 1995 κατά 3,5%. Από το 1998 έως το 2004 παρουσιάζει αυξητική πορεία σε ποσοστό 43,2%, το διάστημα 2004-2008 μειώνεται κατά 18%, από το 2008 στο 2010 πάλι αυξάνεται κατά 8%, από το 2010 στο 2011 μειώνεται κατά 14,6%, ενώ τέλος, το χρονικό διάστημα 2011-2014 εμφανίζει άνοδο σε ποσοστό 7,8%.

Διάγραμμα 4.4: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τον Καναδά το χρονικό διάστημα 1991-2014



Διάγραμμα 4.5: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Κίνα το χρονικό διάστημα 1991-2014



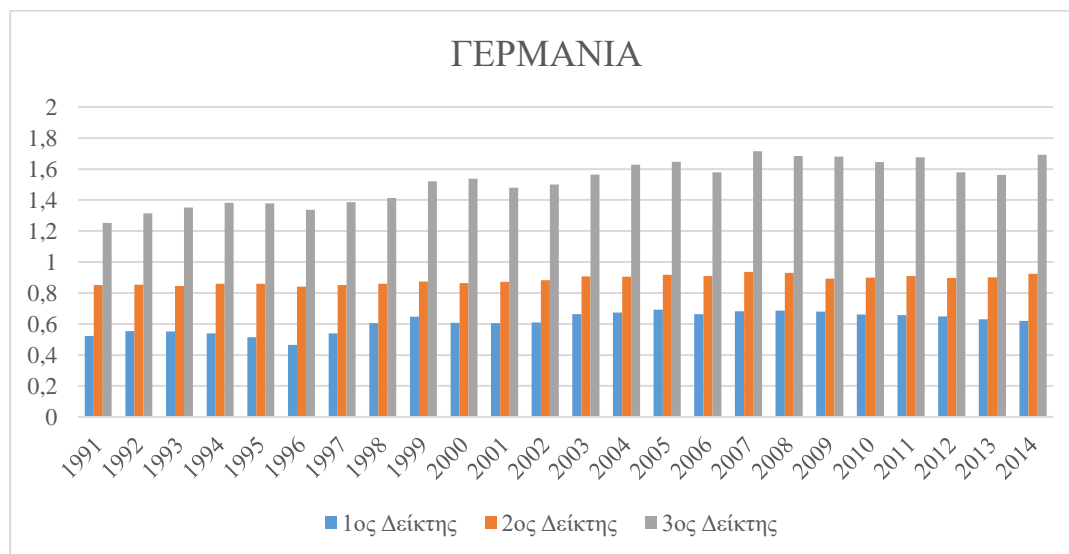
Κίνα

Η Κίνα στο διάγραμμα 4.5, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, εμφανίζει αύξηση το χρονικό διάστημα 1991-1993 σε ποσοστό 0,7% την οποία ακολουθεί μείωση το διάστημα 1993-1996 κατά 5,6%, ενώ το διάστημα 1996-2001 αυξάνεται κατά 8,5%, με μια μείωση από το 1999 στο 2000 κατά 1,1%. Από το 2001 και μέχρι το 2014 παρουσιάζει πτωτική πορεία σε ποσοστό 9,9%. Σχετικά με τον 2^ο και 3^ο δείκτη, αυτοί παραμένουν σταθεροί για όλο το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα 1991-2014.

Γερμανία

Η Γερμανία, παρατηρώντας το διάγραμμα 4.6 για τον 1^ο δείκτη, το 1992 παρουσιάζει αύξηση κατά 2,9% σε σχέση με το 1991, από το 1992 έως το 1996 η αποδοτικότητα μειώνεται κατά 38,8% και από το 1996 μέχρι το 1999 παρουσιάζει άνοδο κατά 18,2%. Το χρονικό διάστημα 1999-2001 εμφανίζει μείωση κατά 4,2%, το 2001-2005 αυξάνεται κατά 8,8%, από το 2005 στο 2006 μειώνεται κατά 3%, ενώ το διάστημα 2006-2008 αυξάνεται πάλι κατά 2,5%. Την τελευταία χρονική περίοδο 2008-2014 παρουσιάζει πτωτική πορεία σε ποσοστό 6,8%. Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει μικρές αυξομειώσεις ανά έτος εμφανίζοντας μία αύξηση της αποδοτικότητας από την αρχή της εξεταζόμενης περιόδου (1991) μέχρι το τέλος της (2014) σε ποσοστό 7,3%.

Διάγραμμα 4.6: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Γερμανία το χρονικό διάστημα 1991-2014



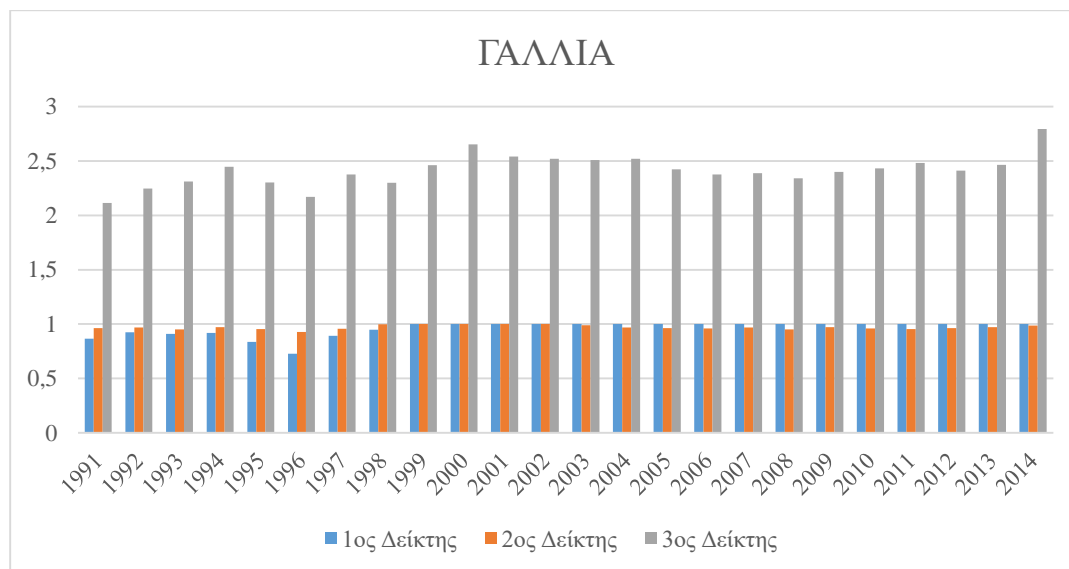
Όσον αφορά τον 3^ο δείκτη παρουσιάζει για το χρονικό διάστημα 1991-1994 αύξηση κατά 12,9%, το 1994-1996 μείωση κατά 4,5%, το 1996-2000 αύξηση κατά 20%, ενώ από το 2000

στο 2001 εμφανίζει πτώση κατά 5,7%. Τη χρονική περίοδο 2001-2005 εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 16,8%, η οποία ανακόπτεται το 2006 σημειώνοντας πτώση κατά 6,9% και συνεχίζει με άνοδο την επόμενη χρονιά (2007) κατά 13,7% σε σχέση με το 2006. Από το 2007 μέχρι το 2013 εμφανίζεται πτώση σε ποσοστό 15%, με το 2011 μόνο να αυξάνεται σε σχέση με το 2010 κατά 3%, ενώ από το 2013 στο 2014 παρατηρείται άνοδος σε ποσοστό 13%.

Γαλλία

Η Γαλλία εμφανίζει, για τον 1^ο δείκτη, μια αυξητική τάση από το 1991 έως το 1994 κατά 5,1%, παρεμβάλλοντας μία πτώση από το 1992 στο 1993 κατά 1,5%, και από το 1994 μέχρι το 1996 πάλι μειώνεται κατά 19,2%. Όμως, από το 1996 μέχρι το 1999 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 27,3% διατηρώντας για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα 1999-2014 σταθερή πορεία. Όσον αφορά το 2^ο δείκτη, το χρονικό διάστημα 1991-1994 αυξάνεται κατά 0,8%, παρεμβάλλοντας μία πτώση από το 1992 στο 1993 κατά 1,5%. Στη συνέχεια, από το 1994 έως το 1996 μειώνεται κατά 4,4%, ενώ από το 1996 μέχρι το 1999 εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 7,2% η οποία σταθεροποιείται το διάστημα 1999-2002. Από το 2002 μέχρι το 2012 παρουσιάζει πτώση κατά 3,6%, ενώ το διάστημα 2012-2014 αυξάνεται ξανά σε ποσοστό 2,4%.

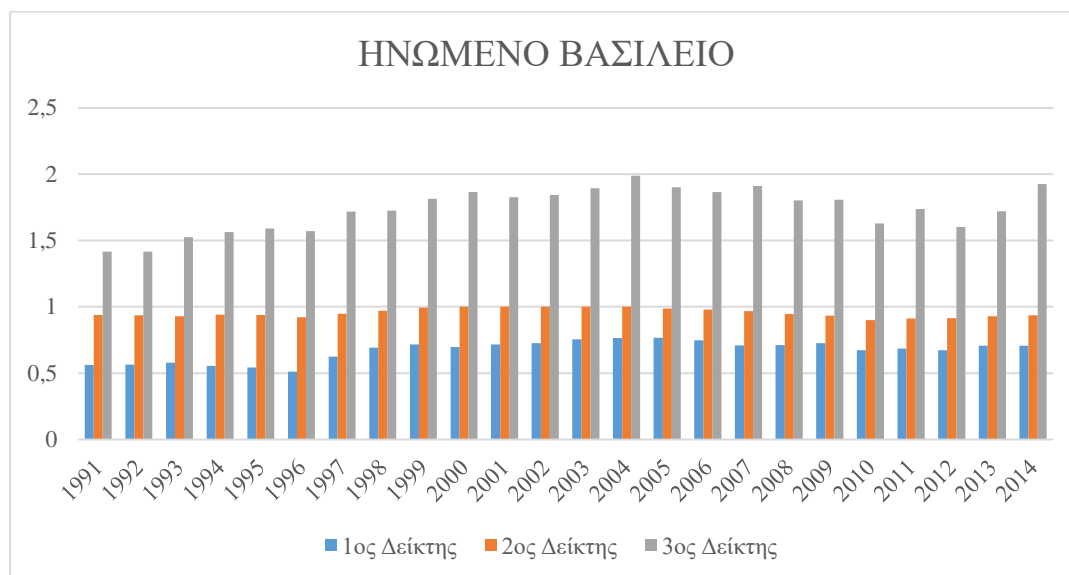
Διάγραμμα 4.7: Αποδοτικότητα των τριών δεικτών για την Γαλλία το χρονικό διάστημα 1991-2014



Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, παρατηρούμε ότι τη χρονική περίοδο 1991-1994 αυξάνεται κατά 33,2%, το διάστημα 1994-1996 μειώνεται κατά 27,7%, ενώ το 1996-2000 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 48,4%. Από το 2000 μέχρι και το 2008 εμφανίζει καθοδική πορεία κατά 31,3%,

συνεχίζοντας το διάστημα 2008-2011 ξανά άνοδο σε ποσοστό 14,1%, η οποία ανακάμπτεται από το 2011 στο 2012 κατά 7%, ενώ τέλος, εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 38% από το 2012 στο 2014.

Διάγραμμα 4.8: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για το Ηνωμένο Βασίλειο το χρονικό διάστημα 1991-2014



Ηνωμένο Βασίλειο

Το διάγραμμα 4.8 μας δείχνει για τον 1^ο δείκτη ότι για το Ηνωμένο Βασίλειο το χρονικό διάστημα 1991-1993 η αποδοτικότητα αυξάνεται κατά 1,7% και το 1993-1996 μειώνεται κατά 6,6%. Από το 1996 μέχρι το 2005 εμφανίζεται μια ανοδική πορεία με ποσοστό 25,6%, σημειώνοντας μόνο μια μικρή πτώση από το 1999 στο 2000 κατά 1,9%. Από το 2005 έως το 2007 παρατηρείται μείωση κατά 5,7%, το 2007-2009 αυξάνεται πάλι κατά 1,7%, ενώ από το 2009 μέχρι το 2014 σημειώνονται αυξομειώσεις ανά έτος. Σε σχέση με το 2^ο δείκτη, τη χρονική περίοδο 1991-1993 μειώνεται κατά 0,9%, από το 1993 στο 1994 αυξάνεται κατά 1,2%, από το 1994 μέχρι το 1996 μειώνεται κατά 2% και στη συνέχεια παρουσιάζει ανοδική πορεία από το 1996 μέχρι το 2000 κατά 7,9%, οπότε παραμένει σταθερός μέχρι το 2004. Το χρονικό διάστημα 2004-2010 σημειώνεται πτώση σε ποσοστό 9,9% και τέλος το 2010-2014 αυξάνεται πάλι κατά 3,5%.

Ο 3^{ος} δείκτης παρουσιάζει ανοδική πορεία από το 1991 μέχρι το 2000 σε ποσοστό 44,9%, με μια μόνο μείωση από το 1995 στο 1996 κατά 1,9%. Πάλι από το 2000 στο 2001 παρατηρείται μείωση κατά 4% την οποία ακολουθεί το διάστημα αύξησης 2001-2004 σε ποσοστό 16,1%. Το χρονικό διάστημα 2004-2006 μειώνεται κατά 12,2%, ενώ το 2007 αυξάνεται κατά 4,6% σε

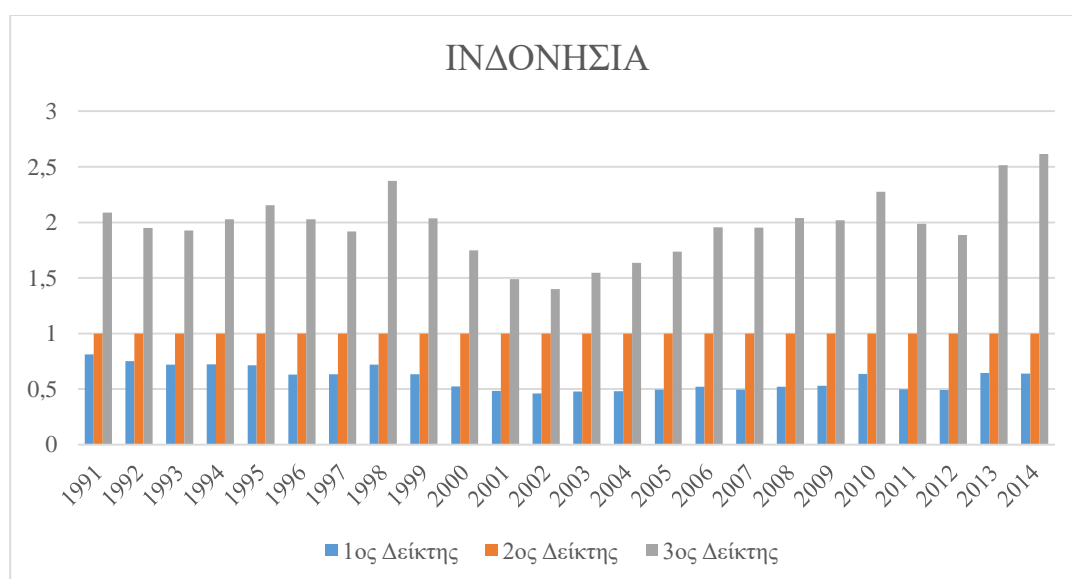
σχέση με το 2006 και, στη συνέχεια, μειώνεται από το 2007 έως το 2012 κατά 31%, με μόνο μια αύξηση από το 2010 στο 2011 κατά 11%. Το τελευταίο χρονικό διάστημα 2012-2014 εμφανίζεται άνοδος σε ποσοστό 32,5%.

Ινδονησία

Ο 1^{ος} δείκτης για την Ινδονησία μας δείχνει μείωση για τη χρονική περίοδο 1991-1996 σε ποσοστό 18,1%, το διάστημα 1996-1998 αυξάνεται κατά 8,7%, ενώ το 1998-2002 μειώνεται πάλι κατά 25,7%. Από το 2002 μέχρι το 2010 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 17,4%, με μια μείωση από το 2006 στο 2007 κατά 2,5%, από το 2010 στο 2012 σημειώνεται μείωση κατά 14,4%, το 2013 αυξάνεται πάλι κατά 15,3% σε σχέση με το 2012, ενώ την επόμενη χρονιά (2014) παρουσιάζει πτώση κατά 0,6%. Ο 2^{ος} δείκτης παραμένει σταθερός για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Ο 3^{ος} δείκτης από το 1991 μέχρι το 1993 μειώνεται κατά 16%, το διάστημα 1993-1995 αυξάνεται κατά 22,7%, ενώ το 1995-1997 έχει καθοδική πορεία σε ποσοστό 23,8%. Το έτος 1998 σημειώνεται μια μεγάλη άνοδος κατά 45,7% σε σχέση με το 1997, από το οποίο (1998) και μέχρι το 2002 επέρχεται πτώση κατά 97,4%. Το χρονικό διάστημα 2002-2010 παρουσιάζεται αύξηση κατά 87,5%, εμφανίζοντας μια πτώση το 2009 σε σχέση με το 2008 κατά 2%. Από το 2010 έως το 2012 μειώνεται σε ποσοστό 38,7%, ενώ το διάστημα 2012-2014 έχει ανοδική πορεία κατά 72,7%.

Διάγραμμα 4.9: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Ινδονησία το χρονικό διάστημα 1991-2014

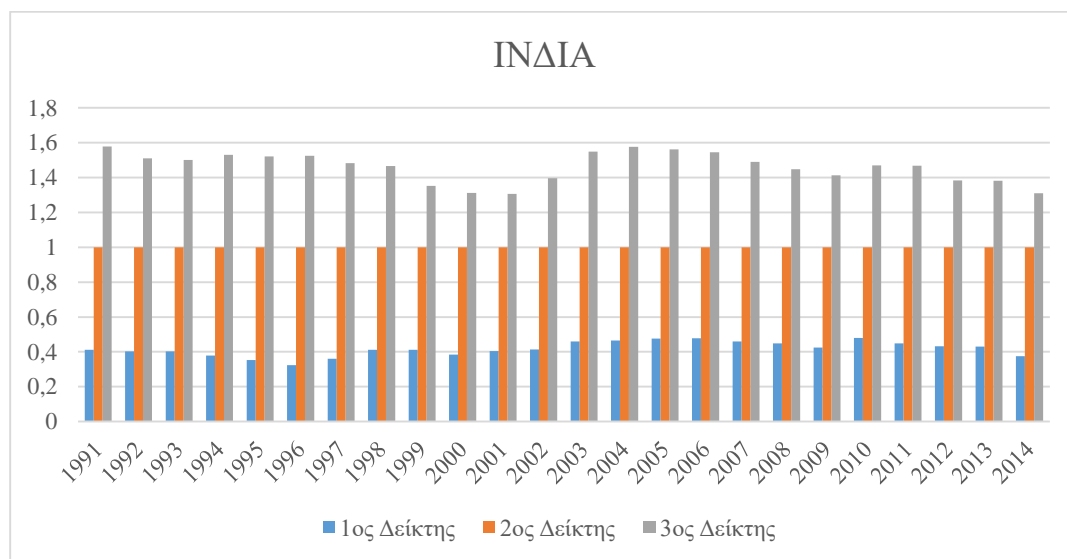


Ινδία

Η Ινδία, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, παρουσιάζει πτωτική τάση το χρονικό διάστημα 1991-1996 σε ποσοστό 8,8%, το 1996-1999 αυξάνεται κατά 8,8%, από το 1999 στο 2000 μειώνεται κατά 2,7% και το διάστημα 2000-2006 εμφανίζει ανοδική πορεία κατά 9,3%. Από το 2006 μέχρι το 2009 μειώνεται κατά 5,4%, το 2010 παρουσιάζει μια άνοδο σε ποσοστό 5,5% σε σχέση με το 2009 και από το 2010 έως το 2014 μειώνεται κατά 10,4%. Ο 2^{ος} δείκτης παραμένει σταθερός για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, το χρονικό διάστημα 1991-1993 εμφανίζει μείωση κατά 7,6%, αυξάνοντας κατά 2,9% από το 1993 στο 1994. Από το 1994 μέχρι το 2001 παρατηρείται πτώση κατά 22,4%, το διάστημα 2001-2004 παρουσιάζει πάλι ανοδική πορεία κατά 27% και ακολουθεί πτώση από το 2004 έως το 2009 σε ποσοστό 16,4%. Τέλος, από το 2009 στο 2010 αυξάνεται κατά 5,7% και την περίοδο 2010-2014 ξανά εμφανίζει καθοδική τάση σε ποσοστό 16%.

Διάγραμμα 4.10: Αποδοτικότητα των τριών δεικτών για την Ινδία το χρονικό διάστημα 1991-2014



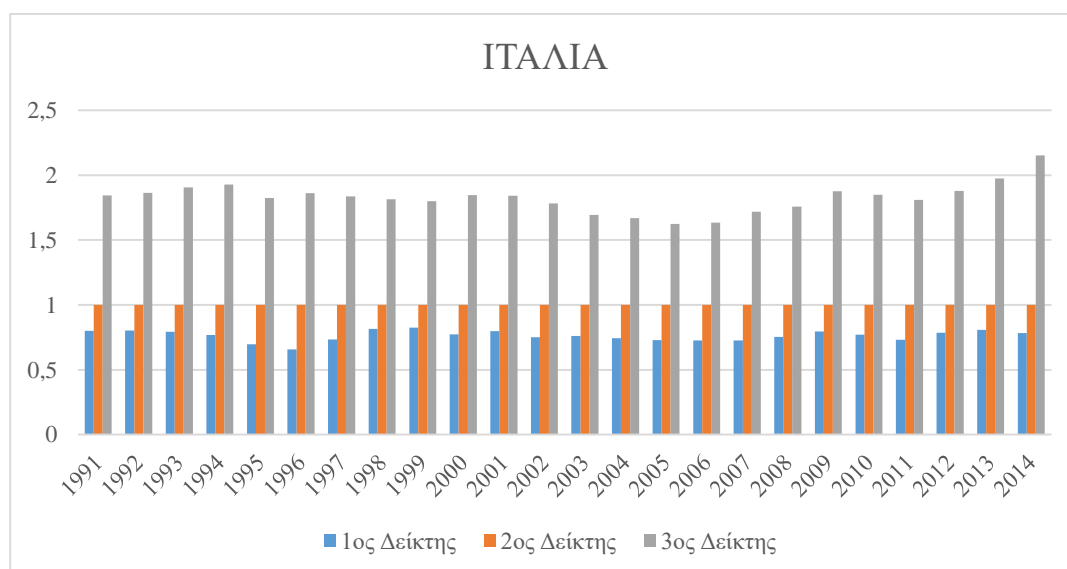
Ιταλία

Για την Ιταλία, όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, από το διάγραμμα 4.11 παρατηρούμε ότι το χρονικό διάστημα 1991-1996 εμφανίζει πτωτική πορεία κατά 14,3%, με μία μικρή αύξηση από το 1991 στο 1992 κατά 0,3%. Το επόμενο χρονικό διάστημα 1996-1999 εμφανίζει αύξηση σε ποσοστό 16,8%, ενώ από το 1999 έως το 2003 παρουσιάζει αυξομειώσεις ανά έτος, φτάνοντας το χρονικό διάστημα 2003-2007 να παρουσιάζει μικρή πτώση κατά 3,5%. Στη συνέχεια, το

διάστημα 2007-2009 αυξάνει κατά 6,8%, το 2009-2011 μειώνεται σε ποσοστό 6,4% από το 2011 έως το 2013 αυξάνεται πάλι κατά 7,7% για να μειωθεί το 2014 κατά 2,4% σε σχέση με το 2013.

Σχετικά με τον 2^ο δείκτη παραμένει σταθερός σε όλη τη διάρκεια των ετών. Ο 3^{ος} δείκτης εμφανίζει άνοδο από το 1991 έως το 1994 κατά 8,4%, από το 1994 στο 1995 μειώνεται σε ποσοστό 10,4% και ξανά αυξάνεται από το 1995 στο 1996 κατά 3,7%. Το χρονικό διάστημα 1996-1999 παρατηρείται μείωση κατά 6%, αυξάνεται κατά 4,7% από το 1999 στο 2000 και συνεχίζει πτωτικά από το 2000 μέχρι το 2005 κατά 22,2%. Κατόπιν, το χρονικό διάστημα 2005-2009 εμφανίζει άνοδο σε ποσοστό 25%, ακολουθεί πτώση κατά 6,5% το 2009-2011 και, τέλος, τα έτη 2011 έως 2014 αυξάνεται κατά 34,2%.

Διάγραμμα 4.11: Αποδοτικότητα των τριών δεικτών για την Ιταλία το χρονικό διάστημα 1991-2014

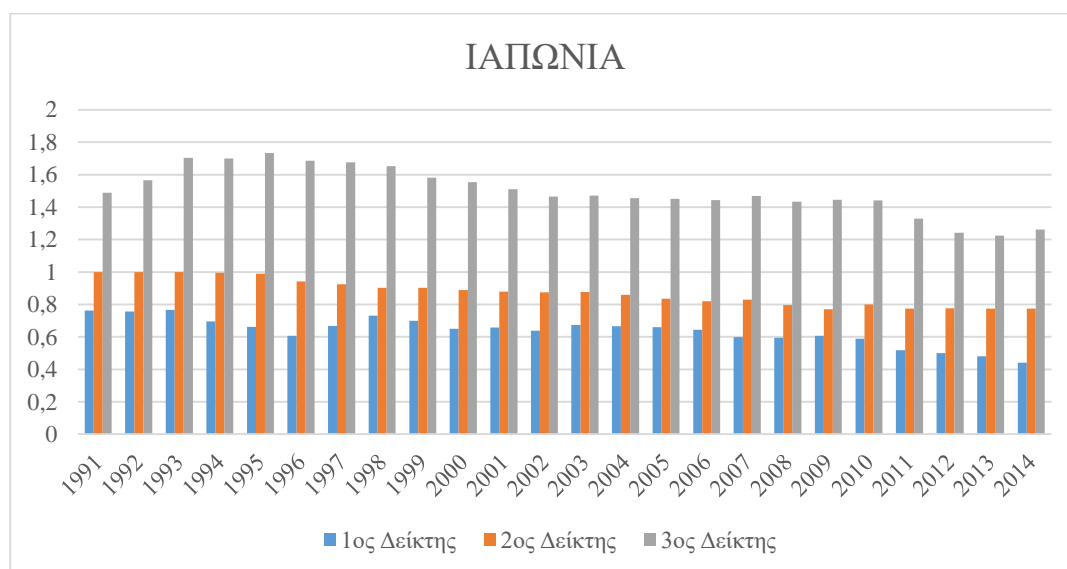


Ιαπωνία

Ο 1^{ος} δείκτης για την Ιαπωνία, όπως αποτυπώνεται στο διάγραμμα 4.12, το χρονικό διάστημα 1991-1996 παρουσιάζει μείωση κατά 15,7%, με μια μικρή άνοδο από το έτος 1992 στο 1993 κατά 0,9%. Το διάστημα 1996-1998 αυξάνεται κατά 12,5%, ενώ το 1998-2002 μειώνεται κατά 9,2%, εμφανίζοντας μια μικρή αύξηση μεταξύ των ετών 2000-2001 κατά 0,9%. Από το 2002 στο 2003 αυξάνεται κατά 3,5%, το διάστημα 2003-2008 παρουσιάζει πτώση σε ποσοστό 7,9%, αυξάνεται για μια χρονιά από το 2008 στο 2009 κατά 1,3% και, τελικά, ακολουθεί καθοδική πορεία από το 2009 μέχρι το 2014 κατά 16,6%.

Ο 2^{ος} δείκτης εμφανίζει πτωτική τάση από το 1991 μέχρι το 2014 σε ποσοστό 22,5% και μόνο από το έτος 2002 στο 2003 και από το 2006 στο 2007 παρατηρείται μικρή άνοδος κατά 0,3% και 1%, αντίστοιχα. Επίσης, και το έτος 2010 αυξάνεται σε σχέση με το 2009 κατά 2,9%. Όσον αφορά τον 3^ο δείκτη παρουσιάζει άνοδο τη χρονική περίοδο 1991-1995 κατά 24,4%, ενώ το 1995-2006 μειώνεται κατά 29%. Το 2007 σε σχέση με το 2006 αυξάνεται κατά 2,6% και το 2008 σε σχέση με το 2007 μειώνεται κατά 3,5%. Από το 2008 στο έτος 2009 αυξάνεται κατά 1,2%, έπειτα το διάστημα 2009-2013 εμφανίζει καθοδική πορεία σε ποσοστό 22,3% και από το 2013 στο 2014 αυξάνεται κατά 3,8%.

Διάγραμμα 4.12: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Ιαπωνία το χρονικό διάστημα 1991-2014



Κορέα

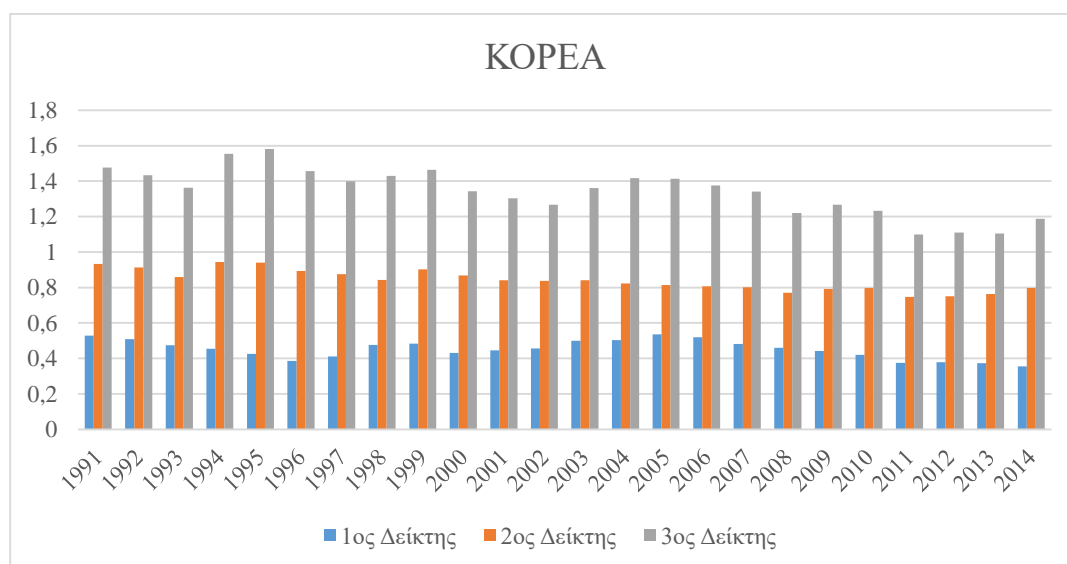
Για την Κορέα, παρατηρώντας τον 1^ο δείκτη στο διάγραμμα 4.13, διαπιστώνουμε ότι το χρονικό διάστημα 1991-1996 η αποδοτικότητά της έχει πτωτική τάση σε ποσοστό 14,2%. Ακολουθεί άνοδος για το διάστημα 1996-1999 κατά 9,8%, μειώνεται για μια χρονιά από το 1999 στο 2000 κατά 5,2% και εμφανίζει πάλι αύξηση την περίοδο 2000-2005 σε ποσοστό 10,4%. Από το 2005 μέχρι και το 2014 σημειώνεται μείωση κατά 18%, με μία μικρή αύξηση από το 2011 στο 2012 κατά 0,5%.

Ο 2^{ος} δείκτης παρουσιάζει πτώση από το 1991 στο 1993 κατά 7,3%, στη συνέχεια αυξάνεται από το 1993 στο 1994 κατά 8,5% και πάλι μειώνεται το χρονικό διάστημα 1994-1998 κατά 10,1%. Ομοίως, αυξάνεται για μία χρονιά από το 1998 στο 1999 κατά 6% και στη συνέχεια εμφανίζει πτωτική τάση το διάστημα 1999-2008 σε ποσοστό 13,3%, με μία μικρή άνοδο από

το 2001 στο 2002 κατά 0,4%. Το χρονικό διάστημα 2008-2010 αυξάνεται κατά 2,8%, ακολουθεί μείωση κατά 5% από το 2010 στο 2011 και το 2011-2014 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 5,1%.

Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, το διάστημα 1991-1993 μειώνεται κατά 11,4%, το 1993-1995 αυξάνεται κατά 21,8%, το 1995-1997 μειώνεται κατά 18,2%, το 1997-1999 αυξάνεται κατά 6,5%, ενώ το 1999-2002 μειώνεται ξανά κατά 19,8%. Ακολούθως, τη χρονική περίοδο 2002-2004 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 15,1%, το 2004-2008 μειώνεται κατά 19,7% και από το 2008 στο 2009 αυξάνεται κατά 4,7%. Στη συνέχεια, από το 2010 στο 2011 μειώνεται κατά 13,3% και το χρονικό διάστημα 2011-2014 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 8,8%, με μια μικρή μείωση από το 2012 στο 2013 κατά 0,6%.

Διάγραμμα 4.13: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Κορέα το χρονικό διάστημα 1991-2014



Μεξικό

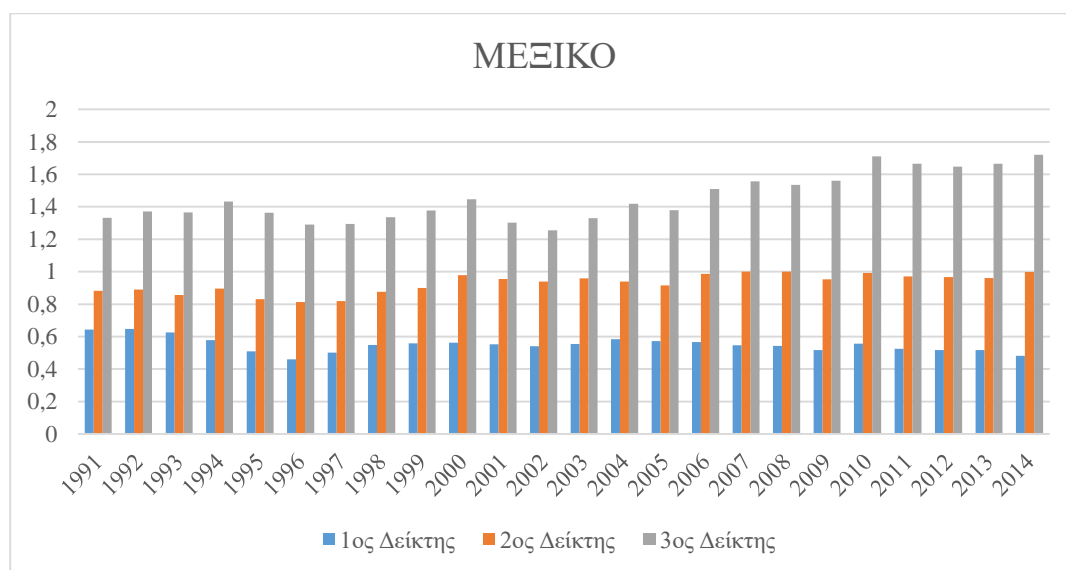
Σχετικά με τον 1^ο δείκτη το Μεξικό εμφανίζει μια καθοδική πορεία το χρονικό διάστημα 1991-1996 σε ποσοστό 18,4%, το 1996-2000 αυξάνεται κατά 10,4%, από το 2000 στο 2002 μειώνεται κατά 2,2% και το 2002-2004 αυξάνεται κατά 4,2%. Στη συνέχεια, την περίοδο 2004-2009 εμφανίζει πτώση σε ποσοστό 6,6%, από το 2009 στο 2010 αυξάνεται κατά 4% και το 2010-2014 πάλι μειώνεται κατά 7,5%.

Όσον αφορά το 2^ο δείκτη από το 1991 έως το 1994 εμφανίζει αυξομειώσεις ανά έτος, από το 1994 μέχρι το 1996 μειώνεται κατά 8,2% και το διάστημα 1996-2000 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 16,5%. Τη χρονική περίοδο 2000-2002 μειώνεται κατά 3,9%, από το 2002 στο 2003

αυξάνεται κατά 2% και από το 2003 στο 2005 πάλι μειώνεται κατά 4,3%. Το χρονικό διάστημα 2005-2008 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 8,4%, από το 2008 στο 2009 μειώνεται κατά 4,7%, στη συνέχεια από το 2009 μέχρι το 2010 αυξάνεται κατά 3,9%, το διάστημα 2010-2013 πάλι μειώνεται κατά 3,1% και, τέλος, από το 2013 στο 2014 εμφανίζει μια αύξηση κατά 3,7%.

Ο 3^{ος} δείκτης παρουσιάζει αυξομειώσεις ανά έτος από το 1991 έως το 1994, στη συνέχεια το διάστημα 1994-1996 μειώνεται κατά 14,3% και το 1996-2000 αυξάνεται κατά 15,5%. Από το 2000 μέχρι το 2002 μειώνεται κατά 19% και το διάστημα 2002-2007 εμφανίζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 30,2%, με μια μικρή μείωση από το 2004 στο 2005 κατά 3,8%. Από το 2007 στο 2008 μειώνεται κατά 2,3%, ακολουθεί αύξηση κατά 17,6% το διάστημα 2008-2010, από το 2010 στο 2012 μειώνεται κατά 6,4% και, τελικά, την περίοδο 2012-2014 αυξάνεται κατά 7,5%.

Διάγραμμα 4.14: Αποδοτικότητα των τριών δεικτών για το Μεξικό το χρονικό διάστημα 1991-2014



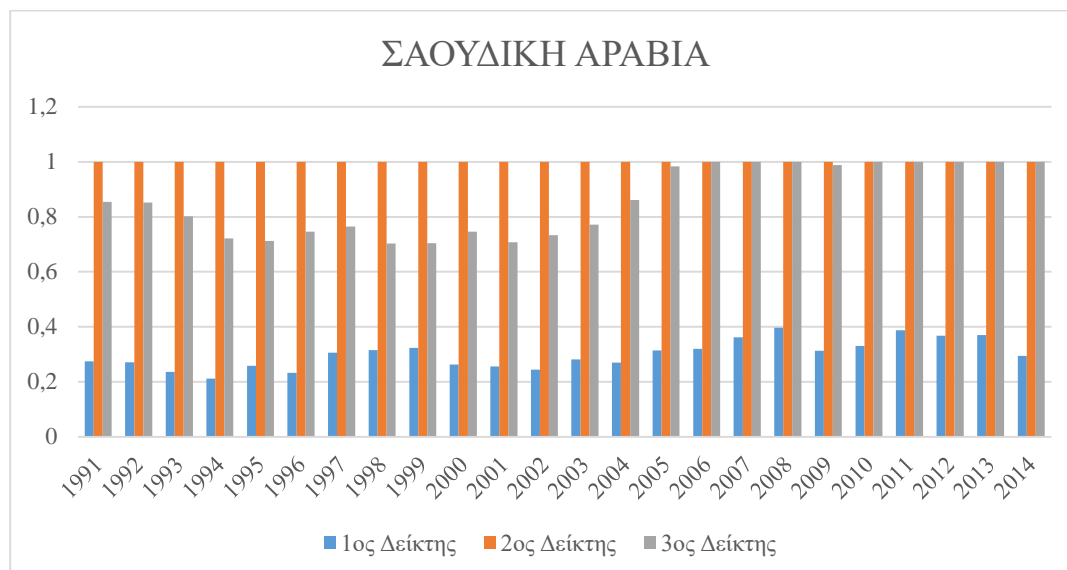
Σαουδική Αραβία

Η Σαουδική Αραβία, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.15, για τον 1^ο δείκτη παρουσιάζει μείωση το χρονικό διάστημα 1991-1994 σε ποσοστό 6,2%, από το 1994 στο 1995 αυξάνεται κατά 4,6%, από το 1995 στο 1996 μειώνεται πάλι κατά 2,6% και το διάστημα 1996-1999 αυξάνεται κατά 9%. Ακολούθως, το χρονικό διάστημα 1999-2002 εμφανίζει μείωση κατά 7,8%, από το 2002 στο 2003 αυξάνεται κατά 3,7% και το διάστημα 2003-2008 παρουσιάζει ανοδική πορεία σε ποσοστό 11,5%, με μια μικρή μείωση από το 2003 στο 2004 κατά 1,2%. Από το 2008 στο

2009 μειώνεται κατά 8,3%, έπειτα το διάστημα 2009-2011 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 7,4% και το 2011-2014 μειώνεται ξανά κατά 9,3%.

Ο 2^{ος} δείκτης παραμένει σταθερός για όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Σχετικά με τον 3^ο δείκτη, το χρονικό διάστημα 1991-1995 μειώνεται κατά 14,2%, το 1995-1997 αυξάνεται κατά 5,2%, από το 1997 στο 1998 μειώνεται κατά 6,2% και το διάστημα 1998-2000 αυξάνεται κατά 4,3%. Από το έτος 2000 στο 2001 εμφανίζει μείωση κατά 3,8%, από το 2001 μέχρι το 2006 αυξάνεται κατά 29,2% και το διάστημα 2006-2014 παραμένει σταθερός, με μια μικρή μείωση από το 2008 στο 2009 σε ποσοστό 1,2%.

Διάγραμμα 4.15: Αποδοτικότητα των τριών δεικτών για τη Σαουδική Αραβία το χρονικό διάστημα 1991-2014



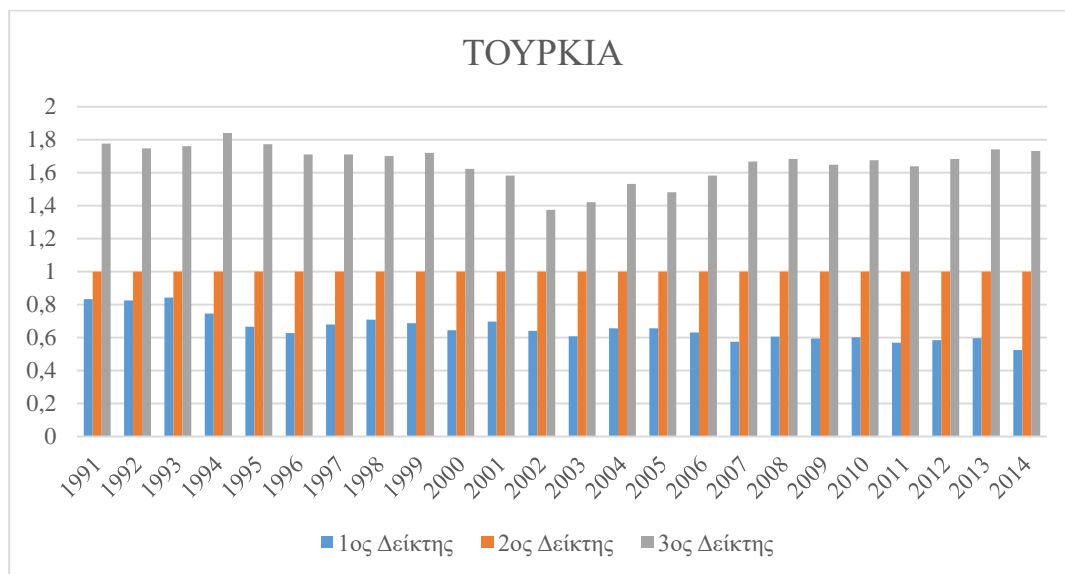
Τουρκία

Όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.16 για την Τουρκία, το χρονικό διάστημα 1991-1993 παρουσιάζει αυξομειώσεις και από το 1993 μέχρι το 1996 σημειώνει μείωση σε ποσοστό 21,4%. Το διάστημα 1996-1998 αυξάνεται κατά 8,1%, το 1998-2000 μειώνεται κατά 6,5%, από το 2000 στο 2001 αυξάνεται κατά 5,2% και από το 2001 στο 2003 μειώνεται ξανά κατά 8,8%. Το διάστημα 2003-2005 αυξάνεται κατά 4,9%, το 2005-2007 μειώνεται κατά 8,2%, το 2007-2010 αυξάνεται κατά 2,5%, ενώ από το 2010 στο 2011 μειώνεται κατά 3%. Τέλος, από το 2011 μέχρι το 2013 αυξάνεται κατά 2,6% και από το 2013 στο 2014 μειώνεται ξανά σε ποσοστό 7,1%.

Σχετικά με τον 2^ο δείκτη παραμένει σταθερός σε όλη τη διάρκεια των ετών. Ο 3^{ος} δείκτης παρουσιάζει μείωση από το 1991 στο 1992 κατά 3%, ενώ από το 1992 στο 1994 αυξάνεται

κατά 9,3%. Το χρονικό διάστημα 1994-1998 εμφανίζει μείωση κατά 13%, με μια μικρή άνοδο από το 1996 στο 1997 κατά 0,2% και από το 1998 στο 1999 ξανά αυξάνεται κατά 1,9%. Έπειτα, τη χρονική περίοδο 1999-2002 παρουσιάζει πτωτική τάση σε ποσοστό 34,5% και από το 2002 έως το 2008 αυξάνεται κατά 30,8%, με μια πτώση από το 2004 στο 2005 κατά 5%. Από το έτος 2008 στο 2011 μειώνεται κατά 4,4%, με μια μικρή αύξηση από το 2009 στο 2010 κατά 2,7%, το διάστημα 2011-2013 αυξάνεται κατά 10,2% και, τέλος, από το 2013 στο 2014 εμφανίζει μείωση κατά 0,9%.

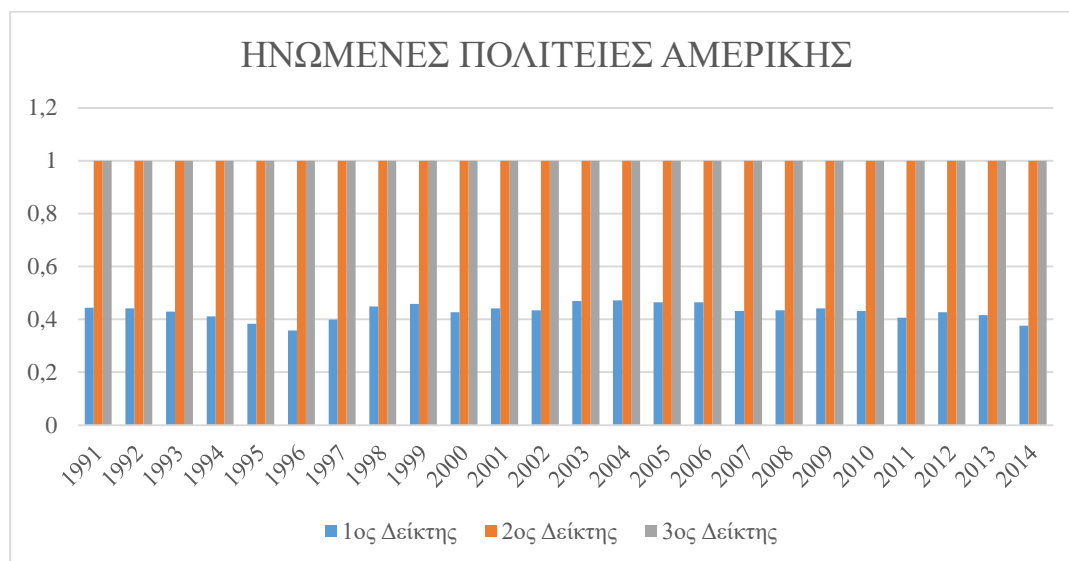
Διάγραμμα 4.16: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για την Τουρκία το χρονικό διάστημα 1991-2014



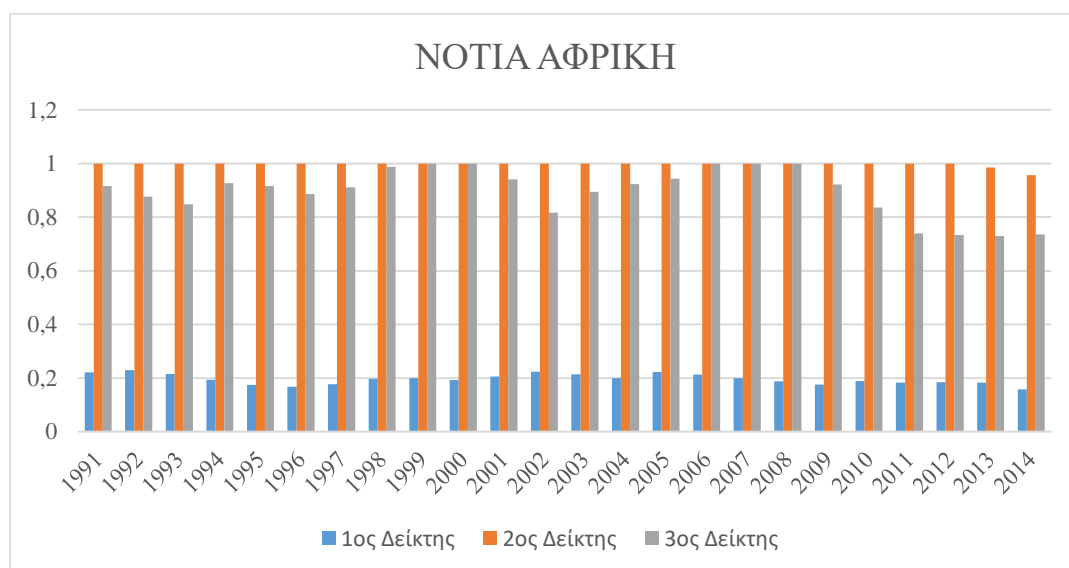
Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Αναλύοντας το διάγραμμα 4.17 για τις ΗΠΑ παρατηρούμε ότι το χρονικό διάστημα 1991-1996 ο 1^{ος} δείκτης μειώνεται σε ποσοστό 8,6%, το 1996-1999 αυξάνεται κατά 10,1%, ενώ από το 1999 μέχρι το 2002 παρουσιάζει αυξομειώσεις ανά έτος. Από το 2002 στο 2004 αυξάνεται πάλι κατά 3,8%, το διάστημα 2004-2007 μειώνεται κατά 4%, το 2007-2009 αυξάνεται κατά 0,9%, το 2009-2011 μειώνεται κατά 3,5%, από το 2011 στο 2012 αυξάνεται λίγο κατά 2% και τέλος την περίοδο 2012-2014 εμφανίζει καθοδική πορεία σε ποσοστό 5,2%. Όσον αφορά το 2^ο και τον 3^ο δείκτη, αυτοί παραμένουν σταθεροί καθόλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.

Διάγραμμα 4.17: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τις ΗΠΑ το χρονικό διάστημα 1991-2014



Διάγραμμα 4.18: Αποδοτικότητες των τριών δεικτών για τη Νότια Αφρική το χρονικό διάστημα 1991-2014



Νότια Αφρική

Ο 1^{ος} δείκτης για τη Νότια Αφρική (διάγραμμα 4.18) εμφανίζει πτωτική τάση το χρονικό διάστημα 1991-1996 σε ποσοστό 5,4%, με μία μικρή αύξηση από το 1991 στο 1992 κατά 0,9%. Από το 1996 μέχρι το 2002 παρουσιάζει άνοδο σε ποσοστό 5,7%, με μια μικρή πτώση από το 1999 στο 2000 κατά 0,7% και από το 2002 έως το 2004 μειώνεται πάλι κατά 2,4%. Από το έτος 2004 στο 2005 αυξάνεται κατά 2,2% για να ακολουθήσει η περίοδος 2005-2009 με πτωτική

πορεία κατά 4,6%. Από το 2009 στο 2010 αυξάνεται κατά 1,3%, στη συνέχεια εμφανίζει αυξομειώσεις ανά έτος το διάστημα 2010-2014, φτάνοντας να μειώνεται από το 2013 στο 2014 σε ποσοστό 2,4%.

Σχετικά με το 2^ο δείκτη, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.18, αυτός παραμένει σταθερός από το 1991 μέχρι το 2012 και μόνο το διάστημα 2012-2014 παρουσιάζει μείωση κατά 4,4%. Ο 3^{ος} δείκτης εμφανίζει μείωση για τη χρονική περίοδο 1991-1993 σε ποσοστό 6,7%, από το 1993 στο 1994 αυξάνεται κατά 7,9% και το διάστημα 1994-1996 μειώνεται κατά 4,1%. Το χρονικό διάστημα 1996-2000 αυξάνεται κατά 11,4%, το 2000-2002 μειώνεται κατά 18,4% και το 2002-2008 αυξάνεται πάλι σε ποσοστό 18,4%. Τέλος, την περίοδο 2008-2013 μειώνεται κατά 27% και από το 2013 στο 2014 παρουσιάζει μια μικρή άνοδο σε ποσοστό 0,5%.

Πιο αναλυτικά οι τιμές των περιβαλλοντικών αποδοτικότητας ανά χώρα και ανά έτος παρουσιάζονται στον πίνακα Δ.1 στο παράρτημα Δ.

4.3 Δεσμευτική περίοδος 2008-2012 της συμφωνίας του Πρωτόκολλου του Κιότο

Με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο τόσο οι ανεπτυγμένες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες συμφώνησαν να λάβουν μέτρα για να μειώσουν τις εκπομπές τους σε ρυπογόνες ουσίες και να προσαρμοστούν στις μελλοντικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, λόγω της κλιματικής αλλαγής που επιφέρουν. Συγκεκριμένα, έθεσαν όριο που αφορά στη συγκράτηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω των 2°C σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο (1990). Η πλειοψηφία των χωρών που υπέγραψαν τη συμφωνία δεν δεσμεύονται σε μειώσεις των εκπομπών ρύπων. Ωστόσο, η υποομάδα των χωρών που ανήκουν στο Annex 1 (παράρτημα Α) δεσμεύτηκαν στη μείωση των εκπομπών των ρύπων τους σε συγκεκριμένα ποσοστά, με σκοπό τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στην παρούσα μελέτη οι χώρες της G-20 που ανήκουν στο Annex 1 και θα συγκρίνουμε την περιβαλλοντική τους αποδοτικότητα και eco-efficiency στα τρία χρονικά διαστήματα 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014 είναι οι Αυστραλία, Καναδάς, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ιαπωνία και Ηνωμένο Βασίλειο. Η συμμόρφωση ή μη με περιβαλλοντικές πολιτικές που σκοπό έχουν τη μείωση του επιπέδου των εκπομπών του CO₂, με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο, αποτυπώνεται στις περιβαλλοντικές αποδοτικότητες. Επιπρόσθετα, θα γίνει η σύγκριση και για τους δύο μεγαλύτερους ρυπαντές που είναι και οι κύριοι υπαίτιοι για τις παγκόσμιες εκπομπές

διοξειδίου του άνθρακα (Wang et al., 2017), της Κίνας και των ΗΠΑ οι οποίες τέθηκαν εκτός δέσμευσης για την περίοδο 2008-2012.

Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των αποδοτικότητων των 18 εξεταζόμενων χωρών για κάθε έναν δείκτη. Στη δική μας ανάλυση θα επικεντρωθούμε στις 7 χώρες που προαναφέρθηκαν για τις τρεις χρονικές περιόδους και ξεχωριστά θα γίνει αναφορά για την Κίνα και τις ΗΠΑ. Όσον αφορά τον 1^ο δείκτη, την περίοδο 1991-2007 κατά Μ.Ο. πιο αποδοτικές με ποσοστό πάνω του 75% εμφανίζονται η Ιταλία (0.7588) και η Γαλλία (0.9424), μεταξύ 75% και 50% είναι η Γερμανία (0.5966), το Ηνωμένο Βασίλειο (0.6603) και η Ιαπωνία (0.6787) και κάτω του 50% η Αυστραλία (0.3948) και ο Καναδάς (0.4053). Στην περίοδο 2007-2012 οι χώρες που αύξησαν την αποδοτικότητά τους, σε σχέση με την προηγούμενη χρονική περίοδο, είναι η Γερμανία κατά 7,3%, η Γαλλία κατά 5,8%, το Ηνωμένο Βασίλειο κατά 3,6% και η Ιταλία κατά 0,2%. Αντίστοιχα, αυτές που μείωσαν την αποδοτικότητά τους είναι η Αυστραλία κατά 1,8%, ο Καναδάς κατά 1,1% και η Ιαπωνία κατά 11%. Την περίοδο 2012-2014, σε σύγκριση με την προηγούμενη περίοδο, η μοναδική χώρα που συνεχίζει να αυξάνει την αποδοτικότητά της είναι η Ιταλία κατά 3,2%, μαζί με τη Γαλλία που παραμένει σταθερή ως πλήρως αποδοτική (με την αποδοτικότητά της να ισούται με τη μονάδα). Από την άλλη, οι χώρες που εξακολουθούν να μειώνουν την αποδοτικότητά τους είναι η Αυστραλία κατά 1,7%, ο Καναδάς κατά 2,2% και η Ιαπωνία κατά 9,4%.

Παρατηρώντας τον 2^ο δείκτη, την χρονική περίοδο 1991-2007 κατά Μ.Ο. και οι 7 χώρες παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα αποδοτικότητας με τη Γερμανία να έχει τη χαμηλότερη τιμή (0.8761). Η Ιταλία είναι πλήρως αποδοτική, ενώ οι υπόλοιπες τείνουν να γίνουν πλήρως αποδοτικές πλησιάζοντας τη μονάδα. Την περίοδο 2007-2012 μόνο η Ιταλία παρέμεινε πλήρως αποδοτική (1.00) και η Γερμανία την αύξησε κατά 3,5%. Οι υπόλοιπες πέντε μείωσαν την αποδοτικότητά τους σε ποσοστά: η Αυστραλία κατά 2,1%, ο Καναδάς κατά 10%, η Γαλλία κατά 1,2%, το Ηνωμένο Βασίλειο κατά 3,9% και η Ιαπωνία κατά 12,2%. Την τρίτη εξεταζόμενη περίοδο 2012-2014 η Ιταλία εξακολουθεί να εμφανίζεται πλήρως αποδοτική, ενώ αυτές που αύξησαν την αποδοτικότητά τους είναι η Αυστραλία κατά 3,6% και η Γαλλία κατά 1,3%. Αυτές στις οποίες σημειώθηκε μείωση είναι ο Καναδάς κατά 4,4%, η Γερμανία κατά 0,3%, το Ηνωμένο Βασίλειο κατά 0,3% και η Ιαπωνία κατά 1,6%.

Σχετικά με τον 3^ο δείκτη τη χρονική περίοδο 1991-2007 η μοναδική χώρα της οποίας η αποδοτικότητα κατά Μ.Ο. κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα είναι η Γαλλία (2.3917). Η Αυστραλία και ο Καναδάς κατά Μ.Ο. είναι κοντά στη μονάδα με τιμές 1.0823 και 1.1405, αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες τέσσερις κυμαίνονται από την τιμή 1.4695 (Γερμανία) μέχρι την τιμή 1.7931 (Ιταλία). Κατά τη περίοδο 2007-2012, δεσμευτική περίοδο εφαρμογής του Πρωτοκόλλου του

Κιότο, παρατηρούμε αύξηση της αποδοτικότητας για τις χώρες: Αυστραλία κατά 1,47%, Καναδά κατά 3,3%, Γερμανία κατά 19%, Γαλλία κατά 1,7%, Ηνωμένο Βασίλειο κατά 1,6% και Ιταλία κατά 2,1%. Η μοναδική χώρα που παρουσιάζει μείωση είναι η Ιαπωνία κατά 17,1%. Στην τρίτη εξεταζόμενη περίοδο 2012-2014 παρέμειναν σε ανοδική πορεία οι χώρες: Αυστραλία κατά 1,5%, Γαλλία κατά 14,7%, Ηνωμένο Βασίλειο κατά 0,2% και Ιταλία κατά 18,7%. Αντίστοιχα, η αποδοτικότητα μειώθηκε για αυτή την περίοδο στον Καναδά κατά 2,1%, στη Γερμανία κατά 5,3% και στην Ιαπωνία κατά 15,1%.

Πίνακας 4.5: Μέσοι όροι των τριών δεικτών στα χρονικά διαστήματα 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014

| ΧΩΠΑ | Μ.Ο. 1ου ΔΕΙΚΤΗ | | | Μ.Ο. 2ου ΔΕΙΚΤΗ | | | Μ.Ο. 3ου ΔΕΙΚΤΗ | | |
|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| | 1991-2007 | 2007-2012 | 2012-2014 | 1991-2007 | 2007-2012 | 2012-2014 | 1991-2007 | 2007-2012 | 2012-2014 |
| Argentina | 0.6384 | 0.5996 | 0.5734 | 1 | 1 | 1 | 1.9874 | 2.2126 | 2.1561 |
| Australia | 0.3948 | 0.3761 | 0.3591 | 0.9852 | 0.9642 | 1 | 1.0823 | 1.0990 | 1.1137 |
| Brazil | 0.9380 | 0.9284 | 0.7885 | 0.9963 | 1 | 0.9777 | 2.5459 | 3.0215 | 2.6308 |
| Canada | 0.4053 | 0.3940 | 0.3721 | 0.9469 | 0.8440 | 0.7995 | 1.1405 | 1.1731 | 1.1521 |
| China | 0.2618 | 0.2157 | 0.2026 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 0.5966 | 0.6698 | 0.6328 | 0.8761 | 0.9108 | 0.9075 | 1.4695 | 1.6631 | 1.6101 |
| France | 0.9424 | 1 | 1 | 0.9732 | 0.9615 | 0.9743 | 2.3917 | 2.4088 | 2.5560 |
| United Kingdom | 0.6603 | 0.6963 | 0.6948 | 0.9675 | 0.9286 | 0.9259 | 1.7309 | 1.7473 | 1.7489 |
| Indonesia | 0.6051 | 0.5289 | 0.5921 | 1 | 1 | 1 | 1.8801 | 2.0264 | 2.3382 |
| India | 0.4118 | 0.4482 | 0.4121 | 1 | 1 | 1 | 1.4828 | 1.4457 | 1.3589 |
| Italy | 0.7588 | 0.7604 | 0.7925 | 1 | 1 | 1 | 1.7931 | 1.8144 | 2.0012 |
| Japan | 0.6787 | 0.5683 | 0.4741 | 0.9128 | 0.7910 | 0.7750 | 1.5653 | 1.3941 | 1.2430 |
| Korea, Rep. | 0.4719 | 0.4265 | 0.3690 | 0.8669 | 0.7767 | 0.7712 | 1.4107 | 1.2122 | 1.1346 |
| Mexico | 0.5618 | 0.5341 | 0.5049 | 0.9079 | 0.9805 | 0.9754 | 1.3743 | 1.6127 | 1.6779 |
| Saudi Arabia | 0.2785 | 0.3595 | 0.3440 | 1 | 1 | 1 | 0.8036 | 0.9980 | 1 |
| Turkey | 0.6894 | 0.5884 | 0.5679 | 1 | 1 | 1 | 1.6467 | 1.6653 | 1.7179 |
| United States | 0.4341 | 0.4289 | 0.4066 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 0.2023 | 0.1862 | 0.1749 | 1 | 1 | 0.9806 | 0.9286 | 0.8718 | 0.7325 |

Αναφορικά με την Κίνα και τις ΗΠΑ για τον 1^ο δείκτη παρατηρώντας τους Μ.Ο. των αποδοτικοτήτων τους για τις τρεις χρονικές περιόδους (πίνακας 4.5), αυτός έχει καθοδική πορεία. Συγκεκριμένα, για την Κίνα την περίοδο 2007-2012 η αποδοτικότητα κατά Μ.Ο.

μειώνεται κατά 4,6%, σε σχέση με το προηγούμενο διάστημα 1991-2007, και την χρονική περίοδο 2012-2014 πάλι μειώνεται, σε σχέση με τη δεσμευτική περίοδο του Κιότο (2007-2012), κατά 1,3%. Από τη μεριά τους, οι ΗΠΑ μειώνουν την αποδοτικότητά τους κατά 0,5% από την πρώτη περίοδο στη δεύτερη και από τη δεύτερη στην τρίτη χρονική περίοδο σε ποσοστό 2,2%. Σχετικά με τον 2^ο δείκτη, παραμένουν πλήρως αποδοτικές κατά Μ.Ο. και οι δύο χώρες κατά τη διάρκεια και των τριών χρονικών περιόδων. Τέλος, και ο 3^{ος} δείκτης κατά Μ.Ο. παραμένει σταθερός και για τις δύο χώρες για τις εξεταζόμενες περιόδους 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014, εμφανίζοντας, όμως, πολύ χαμηλές τιμές αποδοτικότητας (ίσες με τη μονάδα).

Κεφάλαιο 5

Σχολιασμός - Συμπεράσματα

Ανατρέχοντας στο 1992 και στη Διεθνή Διάσκεψη του Ρίο ντε Τζανέιρο, όπου για πρώτη φορά συνδέθηκε η έννοια του περιβάλλοντος με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, διαπιστώνουμε την ανησυχία και ευαισθητοποίηση της παγκόσμιας κοινότητας για την κλιματική αλλαγή και τις δυσμενείς επιπτώσεις της στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Μετά την κατάρτιση της «Ατζέντα 21» στο Ρίο, η επόμενη σημαντική διεθνής συμφωνία για το περιβάλλον ήταν αυτή του Πρωτοκόλλου του Κιότο το οποίο χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς της αγοράς για την επίλυση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η επιστημονική κοινότητα, από την πλευρά της, τις τελευταίες δεκαετίες ασχολήθηκε διεξοδικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και κατασκευάζοντας δείκτες περιβαλλοντικής απόδοσης. Μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας είναι αυτή της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, μιας μη παραμετρικής μεθόδου γραμμικού προγραμματισμού. Τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας από την εφαρμογή της ΠΑΔ αποτελούν σημαντικές ποιοτικές πληροφορίες για τους σχεδιαστές και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για την εξέλιξη της αποδοτικότητας, την ανάλυση και τη χάραξη πολιτικών από τις κυβερνήσεις (Song et al., 2012).

Η παρούσα εργασία σκοπό έχει τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας 18 χωρών της ομάδας G-20 για τη χρονική περίοδο 1991-2014 και πιο ειδικά την περίοδο πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη δεσμευτική περίοδο 2008-2012 εφαρμογής της συμφωνίας του Πρωτοκόλλου του Κιότο από αυτές τις χώρες. Για να μετρηθεί η περιβαλλοντική αποδοτικότητα των προαναφερόμενων χωρών δημιουργήθηκαν τρεις δείκτες εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ΠΑΔ με βάση τη μεθοδολογία προηγούμενων ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί για αυτό το σκοπό. Επιλέχθηκαν τρία μοντέλα της ΠΑΔ υποθέτοντας σε όλα σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Το πρώτο είναι οριοθετημένο ως προς την εισροή, το δεύτερο και το τρίτο είναι οριοθετημένα ως προς την εκροή. Επιπρόσθετα, ο τρίτος δείκτης προκύπτει από τον λόγο της οικονομικά προστιθέμενης αξίας προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Όσον αφορά τον πρώτο δείκτη τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο δύο χώρες ήταν πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές, η Βραζιλία για τα έτη 1991-1998 και η Γαλλία για τα έτη 1999-2014. Επίσης, το ποσοστό των χωρών που παρουσιάζουν κατά Μ.Ο. περιβαλλοντική αποδοτικότητα πάνω από 75% είναι εξαιρετικά μικρό (Βραζιλία, Γαλλία, Ιταλία). Οι υπόλοιπες

15 χώρες κυμαίνονται σε τιμές κάτω του 0.6711 (Ηνωμένο Βασίλειο), γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, στην πλειοψηφία τους, οι χώρες του δείγματος είναι περιβαλλοντικά μη αποδοτικές.

Σχετικά με το δεύτερο δείκτη τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι για τη χρονική περίοδο 1991-2014 οκτώ ήταν οι πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες (Αργεντινή, Κίνα, Ινδονησία, Ινδία, Ιταλία, Σαουδική Αραβία, Τουρκία και ΗΠΑ). Ακόμη, πλήρως περιβαλλοντικά αποδοτικές χώρες είναι η Αυστραλία για τα έτη 1994-2004 και 2010-2014, η Βραζιλία για τα έτη 1993-2012, η Γαλλία για τα έτη 1999-2002, το Ηνωμένο Βασίλειο για τα έτη 2000-2004, η Ιαπωνία για τα έτη 1991-1993, το Μεξικό για τα έτη 2007-2008 και η Νότια Αφρική για τα έτη 1991-2012. Κατά Μ.Ο. και οι 18 χώρες κυμαίνονται σε υψηλά ποσοστά (άνω του 75%), καθιστώντας τες περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Σύμφωνα με τα εμπειρικά αποτελέσματα που προκύπτουν για τον τρίτο δείκτη, μόνο δύο χώρες (Βραζιλία και Γαλλία) εμφανίζονται με υψηλές τιμές περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Την περίοδο 1991-1998 και 2005-2013 η Βραζιλία κατέχει τις μέγιστες τιμές στο σύνολο του δείγματος, ενώ η Γαλλία τις κατέχει για την περίοδο 1999-2004 και το 2014. Συνάμα, το ποσοστό των χωρών που παρουσιάζουν κατά Μ.Ο. περιβαλλοντική αποδοτικότητα πάνω από την τιμή 2 είναι εξαιρετικά μικρό (Αργεντινή, Βραζιλία, Γαλλία). Οδηγούμαστε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι, κατά πλειοψηφία, οι χώρες του δείγματος δεν είναι περιβαλλοντικά αποδοτικές.

Εξετάζοντας τις τιμές των περιβαλλοντικών αποδοτικοτήτων των 7 χωρών της ομάδας G-20 που δεσμεύτηκαν μέσω της συμφωνίας του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη μείωση των εκπομπών των ρύπων τους σε συγκεκριμένα ποσοστά, με σκοπό τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, διεξήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα. Η Γαλλία και η Ιταλία εμφανίζουν ανοδική πορεία τις χρονικές περιόδους 1991-2007, 2007-2012 και 2012-2014 και για τους τρεις δείκτες. Η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο και για τους τρεις δείκτες αύξησαν την αποδοτικότητά τους κατά τη διάρκεια της δεσμευτικής περιόδου και από το 2012 και έπειτα οι τιμές μειώθηκαν.

Η Αυστραλία εμφανίζει καθοδική πορεία σε όλες τις χρονικές περιόδους για τον πρώτο δείκτη, στο δεύτερο μειώνεται το διάστημα 2007-2012 και ύστερα αυξάνεται, ενώ ο τρίτος δείκτης παρουσιάζει ανοδική πορεία. Ο Καναδάς παρουσιάζει πτωτική πορεία των τιμών των δύο πρώτων δεικτών και στις τρεις χρονικές περιόδους, ενώ ο τρίτος δείκτης αυξήθηκε το διάστημα 2007-2012 και ύστερα μειώθηκε. Η Ιαπωνία εμφανίζει καθοδική πορεία και για τους τρεις δείκτες καθόλη τη διάρκεια των τριών εξεταζόμενων χρονικών διαστημάτων. Τέλος, η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες παρουσιάζουν καθοδική πορεία για τον πρώτο δείκτη και στις τρεις

περιόδους, ενώ ο δεύτερος και τρίτος δείκτης παραμένουν σταθεροί. Βέβαια, οι τιμές των περιβαλλοντικών αποδοτικότητων, εξαιρώντας τον δεύτερο δείκτη, για τις δύο προαναφερόμενες χώρες είναι εξαιρετικά χαμηλές, γεγονός που επιβεβαιώνει την άποψη των Wang et al. (2017) ότι είναι οι μεγαλύτεροι ρυπαντές διοξειδίου του άνθρακα στον κόσμο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στην παρούσα εργασία, όσον αφορά τα επίπεδα της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας σε σχέση με το Πρωτόκολλο του Κιότο, μπορούμε να πούμε ότι έρχονται σε συμφωνία με αυτά των Halkos & Tzeremes (2014). Συγκεκριμένα, από την έρευνά τους εξάγουν το συμπέρασμα ότι παρόλο που αρκετές χώρες συμφώνησαν στη μείωση των εκπομπών τους, τελικά, δεν ήταν ικανές να συμμορφωθούν στις δεσμεύσεις τους και, έτσι, καταγράφηκε αρνητική επίδραση στα επίπεδα περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Πρέπει, βέβαια, να σημειωθεί ότι το παραπάνω αποτελεί απλά μια παρατήρηση επί της αρχής και όχι σύγκριση των αποτελεσμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την εφαρμογή της ΠΑΔ χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι, εισροές, εκροές και μοντέλα, συνεπώς δεν μπορούμε να προβούμε σε ακριβή σύγκριση αποτελεσμάτων, καθώς γνωρίζουμε ότι αυτά, όταν γίνεται χρήση της ΠΑΔ, είναι ευαίσθητα στους προαναφερόμενους παράγοντες.

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αναφερθεί η αδυναμία της συγκεκριμένης εργασίας στα συμπεράσματα που εξάγονται από το δεύτερο δείκτη. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε κατά Seiford & Zhu (2002) έχει το μειονέκτημα ότι δεν αποτυπώνει την πραγματική παραγωγική διαδικασία, λόγω της μετατροπής των μη επιθυμητών εκροών σε επιθυμητές εκροές, όπως αναφέρουν και οι Färe & Grosskopf (2004). Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να ληφθούν υπόψη τα επίπεδα των τιμών της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και eco-efficiency του πρώτου και τρίτου δείκτη που κατασκευάσαμε.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι για τη μελλοντική προέκταση του συγκεκριμένου θέματος με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της συμφωνίας του Πρωτοκόλλου του Κιότο στις περιβαλλοντικές αποδοτικότητες των χωρών της ομάδας G-20. Μία πρόταση θα ήταν να εφαρμοστεί η μέθοδος της DEA Windows Analysis η οποία μας επιτρέπει να συγκρίνουμε τις επιδόσεις μιας ΜΛΑ μέσα στο χρόνο και να τις συγκρίνουμε με τις επιδόσεις των υπολοίπων το ίδιο έτος και με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, θα μπορούσε να μετρηθεί η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών της G-20, όσον αφορά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και των υπόλοιπων αέριων ρύπων που συμβάλλουν στην έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τέλος, μια άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση θα ήταν να ερευνήσουμε πώς οι περιβαλλοντικά μη αποδοτικές χώρες θα μπορούσαν να καταστούν αποδοτικές, εξετάζοντας για κάθε χώρα σε

ποια αναλογία μπορεί να χρησιμοποιεί τις εισροές και τις επιθυμητές και μη επιθυμητές εκροές, ώστε να γίνει περιβαλλοντικά αποδοτική.

Παρ' όλα αυτά, η συμβολή της παρούσας εργασίας, με σεβασμό στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και μεθοδολογία, έγκειται στο γεγονός ότι παρέχει σημαντικές πληροφορίες και στοιχεία όσον αφορά την περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών της ομάδας G-20 η οποία αποτελεί ένα εργαλείο για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πολιτικών τους που αφορούν περιβαλλοντικά ζητήματα. Χρειάζεται, λοιπόν, οι κυβερνήσεις να αναλάβουν να εφαρμόσουν πολιτικές το συντομότερο δυνατό για τη μείωση των επιπέδων των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Προτείνεται, επομένως, οι μελλοντικές πολιτικές για την κλιματική αλλαγή και τη ρύπανση του περιβάλλοντος να εστιάσουν σαφώς στην ενίσχυση των ελέγχων της αέριας ρύπανσης και στην αύξηση των τεχνολογικών καινοτομιών της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Βιβλιογραφία

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Chung, Y. H., Färe, R., & Grosskopf, S. (1997). Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*, 51(3), 229-240.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. Springer Science & Business Media.
- Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*. Springer Science & Business Media.
- DeSimone, L. D., & Popoff, F. (2000). *Eco-efficiency: the business link to sustainable development*. MIT press.
- Dyckhoff, H., & Allen, K. (2001). Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis (DEA). *European Journal of Operational Research*, 132(2), 312-325.
- Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. K., & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The review of economics and statistics*, 90-98.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Tyteca, D. (1996). An activity analysis model of the environmental performance of firms—application to fossil-fuel-fired electric utilities. *Ecological economics*, 18(2), 161-175.
- Färe, R., & Grosskopf, S. (2004). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation: comment. *European Journal of Operational Research*, 157(1), 242-245.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Hernandez-Sancho, F. (2004). Environmental performance: an index number approach. *Resource and Energy economics*, 26(4), 343-352.

- Färe, R., Grosskopf, S., & Pasurka, C. A. (2006). Social responsibility: US power plants 1985–1998. *Journal of Productivity analysis*, 26(3), 259-267.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Pasurka, C. A. (2010). Toxic releases: an environmental performance index for coal-fired power plants. *Energy Economics*, 32(1), 158-165.
- Färe, R., & D. Primont (1995). *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*. Kluwer Academic Publishers. Boston.
- Hailu, A., & Veeman, T. S. (2001). Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs: an application to the Canadian pulp and paper industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 83(3), 605-616.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2009). Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics*, 68(7), 2168-2176.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2012). Measuring German regions' environmental efficiency: a directional distance function approach. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 5(1), 7-16.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2013). National culture and eco-efficiency: an application of conditional partial nonparametric frontiers. *Environmental Economics and Policy Studies*, 15(4), 423-441.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2014). Measuring the effect of Kyoto protocol agreement on countries' environmental efficiency in CO2 emissions: an application of conditional full frontiers. *Journal of Productivity Analysis*, 41(3), 367-382.
- Halkos, G. E., Stern, D. I., & Tzeremes, N. G. (2016). Population, economic growth and regional environmental inefficiency: evidence from US states. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4288-4295.
- Haynes, K. E., Ratick, S., Bowen, W. M., & Cummings-Saxton, J. (1993). Environmental decision models: US experience and a new approach to pollution management. *Environment International*, 19(3), 261-275.
- Huppes, G., & Ishikawa, M. (2005). Eco-efficiency and Its Terminology. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 43-46.
- Huppes, G., & Ishikawa, M. (2009). Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis. *Ecological Economics*, 68(6), 1687-1700.
- Kortelainen, M. (2008). Dynamic environmental performance analysis: a Malmquist index approach. *Ecological Economics*, 64(4), 701-715.

- Kuosmanen, T. (2005). Measurement and Analysis of Eco-efficiency: An Economist's Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 15-18.
- Kortelainen, M., & Kuosmanen, T. (2004). *Data envelopment analysis in environmental valuation: environmental performance, eco-efficiency and cost-benefit analysis* (No. 021). Working Paper ISBN 952-458-528-6 ISSN 1458-686X.
- Kuosmanen, T., & Kortelainen, M. (2005). Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 59-72.
- Lahouel, B. B. (2016). Eco-efficiency analysis of French firms: a data envelopment analysis approach. *Environmental Economics and Policy Studies*, 18(3), 395-416.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M., & Lin, B. J. (2013). Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. *Omega*, 41(1), 3-15.
- Picazo-Tadeo, A. J., Reig-Martinez, E., & Hernandez-Sancho, F. (2005). Directional distance functions and environmental regulation. *Resource and Energy Economics*, 27(2), 131-142.
- Picazo-Tadeo, A. J., & García-Reche, A. (2007). What makes environmental performance differ between firms? Empirical evidence from the Spanish tile industry. *Environment and Planning A*, 39(9), 2232-2247.
- Picazo-Tadeo, A. J., Beltrán-Esteve, M., & Gómez-Limón, J. A. (2012). Assessing eco-efficiency with directional distance functions. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 798-809.
- Picazo-Tadeo, A. J., Castillo-Giménez, J., & Beltrán-Esteve, M. (2014). An intertemporal approach to measuring environmental performance with directional distance functions: Greenhouse gas emissions in the European Union. *Ecological Economics*, 100, 173-182.
- Rashidi, K., & Saen, R. F. (2015). Measuring eco-efficiency based on green indicators and potentials in energy saving and undesirable output abatement. *Energy Economics*, 50, 18-26.
- Reinhard, S., Lovell, C. K., & Thijssen, G. J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, 121(2), 287-303.
- Schaltegger, S., & Synnestvedt, T. (2002). The link between 'green' and economic success: environmental management as the crucial trigger between environmental and economic performance. *Journal of environmental management*, 65(4), 339-346.
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European journal of operational research*, 142(1), 16-20.

- Shiu, A., & Zelenyuk, V. (2011). Production efficiency versus ownership: The case of China. In *Exploring research frontiers in contemporary statistics and econometrics* (pp. 23-44). Physica-Verlag HD.
- Song, M., An, Q., Zhang, W., Wang, Z., & Wu, J. (2012). Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4465-4469.
- Tsolas, I. E. (2005). Aggregate environmental performance indicators for thermal electrical power sector: a comparative approach. *IASME Trans*, 5, 663-667.
- Tsolas, I. E. (2011). Performance assessment of mining operations using nonparametric production analysis: A bootstrapping approach in DEA. *Resources Policy*, 36(2), 159-167.
- Tyteca, D. (1996). On the measurement of the environmental performance of firms—a literature review and a productive efficiency perspective. *Journal of environmental management*, 46(3), 281-308.
- Tyteca, D. (1997). Linear programming models for the measurement of environmental performance of firms—concepts and empirical results. *Journal of productivity analysis*, 8(2), 183-197.
- Unfccc, U. N. (2009). *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*. eSocialSciences.
- Wang, H., Hashimoto, S., Yue, Q., Moriguchi, Y., & Lu, Z. (2013). Decoupling analysis of four selected countries: China, Russia, Japan, and the United States during 2000-2007. *Journal of Industrial Ecology*, 17(4), 618-629.
- Wang, W., Li, M., & Zhang, M. (2017). Study on the changes of the decoupling indicator between energy-related CO₂ emission and GDP in China. *Energy*, 128, 11-18.
- Zaim, O., & Taskin, F. (2000). Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD: a non-parametric approach. *Journal of Environmental Management*, 58(2), 95-107.
- Zelenyuk, V., & Zheka, V. (2006). Corporate governance and firm's efficiency: the case of a transitional country, Ukraine. *Journal of Productivity Analysis*, 25(1), 143-157.
- Zelenyuk, N., & Zelenyuk, V. (2014). Regional and ownership drivers of bank efficiency. CEPA Working Paper No. WP11/2014. Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA), School of Economics University of Queensland, Australia.
- Zhang, Y. (2002). The impacts of economic reform on the efficiency of silviculture: a non-parametric approach. *Environment and Development Economics*, 7(1), 107-122.
- Zhang, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z., & Ge, J. (2008). Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach. *Ecological economics*, 68(1-2), 306-316.

- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2006). Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance. *Ecological Economics*, 60(1), 111-118.
- Zhou, P., Poh, K. L., & Ang, B. W. (2007). A non-radial DEA approach to measuring environmental performance. *European journal of operational research*, 178(1), 1-9.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008a). Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. *Energy Economics*, 30(1), 1-14.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008b). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 1-18.
- Zofío, J. L., & Prieto, A. M. (2001). Environmental efficiency and regulatory standards: the case of CO₂ emissions from OECD industries. *Resource and Energy Economics*, 23(1), 63-83.

Παράρτημα Α

Χώρες του Annex 1 οι οποίες επικύρωσαν το Πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύτηκαν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:

Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Καναδάς, Δημοκρατία της Τσεχίας, Δανία, Εσθονία, Ε.Ε., Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Λετονία, Λιχτενστάιν, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μονακό, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Ρωσία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ουκρανία και Ηνωμένο Βασίλειο.

Παράρτημα Β

Πίνακας Β.1: Τιμές της μεταβλητής κεφάλαιο (capital stock)

| Χώρα | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 489520,9 | 559911,3 | 669640,2 | 828229,3 | 1053557 | 1390283 | 1400469 | 1424251 | 1433023 | 1431155 | 1412692 | 1330856 |
| Australia | 1567468 | 1623520 | 1723866 | 1854995 | 2013598 | 2072824 | 2125195 | 2191333 | 2272879 | 2283470 | 2294784 | 2309184 |
| Brazil | 2546866 | 2675052 | 2882368 | 3148597 | 3482479 | 3797278 | 3951147 | 4116102 | 4251063 | 4396771 | 4537665 | 4656169 |
| Canada | 2707514 | 2768913 | 2887021 | 3028218 | 3185286 | 3272452 | 3288176 | 3316801 | 3349547 | 3311462 | 3268334 | 3207820 |
| China | 4603259 | 4911135 | 5470075 | 6111469 | 6843665 | 7549488 | 8348900 | 9341167 | 10377540 | 11468023 | 12694115 | 14055351 |
| Germany | 6764276 | 7037658 | 7414165 | 7845304 | 8349797 | 8478869 | 8482831 | 8471093 | 8424059 | 8543228 | 8502453 | 8357641 |
| France | 4332136 | 4410281 | 4549866 | 4709897 | 4901843 | 4951872 | 4957588 | 4949778 | 4936561 | 5043165 | 5087267 | 5098793 |
| United Kingdom | 3680473 | 3798598 | 3989535 | 4275514 | 4596206 | 4926870 | 5047923 | 5103451 | 5035408 | 5134820 | 5200876 | 5185287 |
| Indonesia | 808033,9 | 855958,6 | 915867,1 | 980593 | 1071613 | 1174452 | 1378807 | 1533247 | 1672011 | 1735751 | 1850345 | 2001543 |
| India | 2339325 | 2448366 | 2619976 | 2818636 | 3081442 | 3298940 | 3546996 | 3848985 | 4200132 | 4547347 | 4938065 | 5365266 |
| Italy | 5021423 | 5279014 | 5602680 | 5978845 | 6462263 | 6557610 | 6551471 | 6543158 | 6442454 | 6544521 | 6466661 | 6359253 |
| Japan | 8010490 | 8688022 | 9499864 | 10302551 | 10996823 | 11601598 | 11771250 | 11899557 | 12027785 | 12348241 | 12568721 | 12667834 |
| Korea, Rep. | 1194313 | 1344681 | 1535854 | 1767902 | 2048349 | 2283844 | 2467268 | 2561023 | 2659123 | 2865741 | 3054182 | 3245629 |
| Mexico | 2040628 | 2114449 | 2219332 | 2344458 | 2425034 | 2485026 | 2549489 | 2645715 | 2754374 | 2683662 | 2614578 | 2552782 |
| Saudi Arabia | 1219852 | 1228769 | 1266131 | 1293354 | 1329038 | 1347190 | 1381648 | 1430343 | 1483442 | 1537623 | 1589075 | 1635531 |
| Turkey | 961516,2 | 971696,6 | 1022618 | 1049953 | 1086860 | 1152412 | 1235752 | 1316776 | 1376885 | 1428315 | 1264906 | 1047816 |
| United States | 26586270 | 26769574 | 27514982 | 28433732 | 29573488 | 30426092 | 31494458 | 32851262 | 34374992 | 35997032 | 37382932 | 38467564 |
| South Africa | 607824,1 | 603189,5 | 609750,8 | 622020,4 | 642393,8 | 656457,9 | 675317,2 | 699458,7 | 718306,3 | 737787 | 756153,6 | 775340,3 |

Πίνακας Β.1: συνέχεια

| Χώρα | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 1326432 | 1365803 | 1437139 | 1552985 | 1646295 | 1719042 | 1731397 | 1773984 | 1863172 | 1942274 | 2041532 | 2148251 |
| Australia | 2439971 | 2630115 | 2875684 | 3055753 | 3167556 | 3225915 | 3265227 | 3332890 | 3461365 | 3590808 | 3757906 | 3944976 |
| Brazil | 4798556 | 5056170 | 5394143 | 6145125 | 6895009 | 7742465 | 8620885 | 9869311 | 11662182 | 12137529 | 12889597 | 13655093 |
| Canada | 3349291 | 3571504 | 3865556 | 4208085 | 4445640 | 4607176 | 4794360 | 5065393 | 5427466 | 5597287 | 5828469 | 6097225 |
| China | 15798115 | 18093094 | 20994712 | 24752358 | 28425092 | 32259552 | 36784308 | 42218080 | 48872912 | 54610668 | 61477376 | 69379696 |
| Germany | 8613169 | 9106972 | 9674234 | 10569312 | 11559886 | 12201877 | 12396126 | 12687682 | 13363606 | 13827007 | 14439993 | 15146735 |
| France | 5135177 | 6041439 | 6905200 | 7899890 | 8954847 | 9545175 | 9769681 | 10405968 | 11106307 | 11074364 | 11653404 | 12076728 |
| United Kingdom | 5323042 | 5802754 | 6569251 | 7125918 | 7538831 | 8470947 | 9035331 | 9973122 | 9753055 | 10618961 | 11646097 | 11811327 |
| Indonesia | 2190061 | 2478617 | 2868466 | 3494098 | 4198928 | 5144415 | 6325119 | 8146254 | 11097780 | 11752279 | 12529229 | 13456787 |
| India | 5926282 | 6768954 | 7910673 | 9233062 | 10616401 | 12043926 | 13506964 | 15356803 | 17782550 | 19233684 | 20736988 | 22491836 |
| Italy | 6475622 | 6920720 | 7681432 | 8620929 | 9587137 | 10368286 | 11164391 | 10421041 | 11717211 | 13040348 | 12945109 | 13027931 |
| Japan | 13127819 | 13920323 | 15014904 | 16253220 | 17074292 | 17604990 | 17325632 | 17161376 | 17226012 | 17376214 | 17733182 | 18236474 |
| Korea, Rep. | 3623180 | 4145192 | 4839831 | 5417908 | 5898918 | 6293539 | 6134811 | 6052155 | 6035801 | 6239941 | 6510999 | 6839375 |
| Mexico | 2751030 | 3077106 | 3530969 | 3770402 | 3924124 | 4036200 | 4474887 | 5054693 | 5878632 | 6089364 | 6357979 | 6677512 |
| Saudi Arabia | 1706975 | 1833362 | 2012688 | 2326451 | 2651352 | 2998988 | 3310856 | 3716382 | 4298283 | 4587538 | 4942357 | 5334287 |
| Turkey | 1100818 | 1291143 | 1455316 | 1958408 | 2600181 | 2735677 | 2562854 | 2938289 | 3220938 | 3680661 | 3965486 | 4605441 |
| United States | 39839628 | 42071616 | 45051164 | 47891040 | 49404728 | 50006724 | 49243108 | 48876336 | 49279028 | 50020716 | 51340076 | 52849892 |
| South Africa | 801470,6 | 848315,7 | 913679,1 | 1046180 | 1182001 | 1337760 | 1486557 | 1674226 | 1952360 | 2020231 | 2117818 | 2224862 |

Πίνακας Β.2: Τιμές της μεταβλητής εργασία (labor)

| Χώρα | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 11,95264 | 12,1471 | 12,06992 | 12,07587 | 11,50514 | 11,78711 | 12,3592 | 12,90401 | 12,95512 | 13,09414 | 13,04609 | 13,00723 |
| Australia | 7,453694 | 7,370432 | 7,422643 | 7,636843 | 7,889025 | 8,026786 | 8,096346 | 8,207997 | 8,370443 | 8,562976 | 8,731397 | 8,920233 |
| Brazil | 71,02438 | 71,04247 | 71,61356 | 72,31313 | 73,06744 | 71,55145 | 72,73302 | 72,40485 | 76,33849 | 78,71133 | 79,34266 | 82,50564 |
| Canada | 13,17439 | 13,001 | 13,02499 | 13,25427 | 13,44308 | 13,55733 | 13,84422 | 14,17337 | 14,54128 | 14,87158 | 15,05903 | 15,45227 |
| China | 651,2 | 658,215 | 664,8 | 671,315 | 677,6 | 685,075 | 693,85 | 702,285 | 710,155 | 717,395 | 725,55 | 733,825 |
| Germany | 38,54727 | 38,03514 | 37,5735 | 37,70172 | 37,93903 | 37,95977 | 37,93902 | 38,40068 | 38,97919 | 39,77724 | 39,56178 | 39,26542 |
| France | 23,80835 | 23,6342 | 23,37246 | 23,48654 | 23,7172 | 23,84228 | 24,01827 | 24,42866 | 25,01459 | 25,64659 | 26,01305 | 26,15129 |
| United Kingdom | 25,92645 | 25,34559 | 25,17171 | 25,37445 | 25,65179 | 25,90053 | 26,38041 | 26,65316 | 27,01198 | 27,31735 | 27,53444 | 27,76327 |
| Indonesia | 75,16116 | 77,2131 | 78,0541 | 81,01578 | 81,33134 | 84,65203 | 86,01906 | 88,15627 | 89,17616 | 90,02478 | 90,92799 | 91,71853 |
| India | 326,7164 | 334,0328 | 341,4678 | 349,0979 | 356,9591 | 365,0886 | 373,5256 | 382,3244 | 391,5207 | 401,0051 | 422,174 | 440,7049 |
| Italy | 23,22263 | 22,98866 | 22,31505 | 21,91342 | 21,83297 | 21,91218 | 21,92998 | 22,10915 | 22,32646 | 22,75558 | 23,22951 | 23,68206 |
| Japan | 65,24165 | 66,01311 | 66,32868 | 66,4768 | 66,76149 | 66,84079 | 67,29351 | 66,47414 | 65,55198 | 65,06093 | 64,78665 | 64,03795 |
| Korea, Rep. | 18,63108 | 18,92916 | 19,09141 | 19,66211 | 20,19256 | 20,60856 | 20,95853 | 19,68177 | 20,02329 | 20,85154 | 21,24378 | 21,83922 |
| Mexico | 29,53426 | 30,62301 | 31,76003 | 32,92995 | 32,70744 | 34,11487 | 36,14535 | 37,1699 | 37,69527 | 38,6097 | 38,71714 | 39,59854 |
| Saudi Arabia | 4,907776 | 5,121714 | 5,271018 | 5,458405 | 5,53506 | 5,569136 | 5,595504 | 5,614883 | 5,820872 | 6,101889 | 6,330091 | 6,613931 |
| Turkey | 16,62846 | 16,73464 | 15,89616 | 17,12343 | 17,5771 | 18,05688 | 18,04329 | 18,50044 | 18,70498 | 18,29832 | 18,27283 | 18,19908 |
| United States | 121,9624 | 122,2319 | 123,5929 | 126,1981 | 127,9972 | 129,9112 | 132,9321 | 135,0771 | 137,3371 | 139,2961 | 139,4439 | 139,0843 |
| South Africa | 11,17845 | 11,41029 | 11,63336 | 11,88541 | 12,16376 | 12,42065 | 12,6614 | 12,8767 | 13,10201 | 13,32199 | 12,92642 | 13,62038 |

Πίνακας Β.2: συνέχεια

| Χώρα | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 13,72709 | 14,6692 | 15,33733 | 15,85615 | 16,44126 | 16,84197 | 16,99401 | 17,49126 | 17,87945 | 18,06624 | 18,25721 | 18,09845 |
| Australia | 9,113683 | 9,314534 | 9,603501 | 9,942225 | 10,30433 | 10,63265 | 10,84985 | 11,10052 | 11,3915 | 11,61517 | 11,79441 | 11,96684 |
| Brazil | 84,0052 | 88,31071 | 91,0348 | 93,41862 | 94,89915 | 96,41851 | 96,84214 | 100,7918 | 102,8767 | 105,1605 | 105,9664 | 105,9086 |
| Canada | 15,84749 | 16,15945 | 16,43793 | 16,78751 | 17,26695 | 17,65658 | 17,4356 | 17,73948 | 18,07691 | 18,33877 | 18,66565 | 18,82807 |
| China | 740,86 | 748,16 | 755,125 | 761,125 | 766,95 | 772,35 | 777,375 | 781,3768 | 784,4269 | 788,8708 | 793,0223 | 798,3678 |
| Germany | 38,75573 | 38,82701 | 38,75709 | 39,01387 | 39,64716 | 40,15928 | 40,23343 | 40,4125 | 41,03569 | 41,605 | 41,97807 | 42,45353 |
| France | 26,18064 | 26,23623 | 26,42809 | 26,71297 | 27,0781 | 27,19972 | 26,88801 | 26,90995 | 27,10744 | 27,18608 | 27,17827 | 27,25353 |
| United Kingdom | 28,05281 | 28,35924 | 28,6797 | 29,00422 | 29,28988 | 29,60776 | 29,2177 | 29,35739 | 29,55059 | 29,89977 | 30,26262 | 30,96205 |
| Indonesia | 92,84414 | 93,73343 | 94,0462 | 95,58505 | 100,1375 | 102,8783 | 105,362 | 108,9244 | 110,6555 | 112,1031 | 115,6858 | 113,0239 |
| India | 460,2485 | 485,5444 | 488,9327 | 487,9674 | 488,8478 | 485,5411 | 485,3876 | 487,5092 | 490,4438 | 492,679 | 501,315 | 510,2788 |
| Italy | 24,06672 | 24,19946 | 24,33076 | 24,82151 | 25,07479 | 25,01051 | 24,50282 | 24,27979 | 24,28539 | 24,13637 | 23,6355 | 23,58444 |
| Japan | 64,11984 | 64,54128 | 65,10532 | 65,49753 | 65,80941 | 65,52619 | 64,57671 | 64,35291 | 64,24862 | 64,25264 | 64,60459 | 64,98537 |
| Korea, Rep. | 21,83165 | 22,30567 | 22,66609 | 23,04424 | 23,4108 | 23,64097 | 23,64993 | 24,05132 | 24,54367 | 25,05841 | 25,5231 | 26,13967 |
| Mexico | 39,88609 | 41,23692 | 41,5376 | 43,06945 | 43,90198 | 45,01016 | 44,59709 | 48,29945 | 48,62138 | 50,82909 | 51,1693 | 51,41257 |
| Saudi Arabia | 6,966788 | 7,367257 | 7,748273 | 8,06625 | 8,45744 | 8,82727 | 9,0975 | 9,471622 | 9,819192 | 10,21856 | 11,06577 | 11,46188 |
| Turkey | 18,03765 | 18,35987 | 18,73762 | 19,0321 | 19,28085 | 19,66982 | 19,74112 | 20,99865 | 22,49772 | 23,30899 | 24,12346 | 24,64748 |
| United States | 140,2314 | 141,631 | 143,9899 | 146,6152 | 148,2019 | 147,5262 | 142,1066 | 141,3491 | 142,2175 | 144,8628 | 146,211 | 148,4634 |
| South Africa | 13,38453 | 13,59182 | 14,29229 | 15,23029 | 15,13206 | 15,69828 | 15,46628 | 15,36666 | 16,20448 | 16,87081 | 17,65263 | 18,25672 |

Πίνακας Β.3: Τιμές της μεταβλητής χρησιμοποιούμενη ενέργεια (energy use)

| Χώρα | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 1430,515 | 1483,779 | 1468,221 | 1541,658 | 1544,356 | 1582,138 | 1613,919 | 1650,344 | 1659,993 | 1661,117 | 1562,686 | 1502,037 |
| Australia | 4927,782 | 4959,215 | 5147,537 | 5089,789 | 5129,224 | 5393,581 | 5469,6 | 5553,653 | 5610,345 | 5644,065 | 5446,973 | 5569,641 |
| Brazil | 940,0014 | 933,9006 | 941,6245 | 975,3158 | 992,5945 | 1028,802 | 1064,048 | 1072,764 | 1080,641 | 1069,337 | 1072,917 | 1086,637 |
| Canada | 7481,504 | 7562,148 | 7730,487 | 7926,839 | 7965,847 | 8036,713 | 8034,415 | 7924,031 | 8081,487 | 8242,525 | 8040,539 | 7993,39 |
| China | 736,8518 | 752,6287 | 788,1287 | 816,1629 | 866,8344 | 881,6537 | 871,7563 | 869,3586 | 878,5245 | 898,9873 | 928,8114 | 984,8107 |
| Germany | 4302,891 | 4190,984 | 4122,696 | 4088,798 | 4119,689 | 4246,553 | 4203,357 | 4177,294 | 4079,933 | 4094,06 | 4209,796 | 4108,401 |
| France | 4043,099 | 3954,003 | 4001,902 | 3836,112 | 3981,352 | 4191,924 | 4049,233 | 4151,627 | 4123,526 | 4135,478 | 4246,005 | 4225,468 |
| United Kingdom | 3707,952 | 3684,725 | 3713,186 | 3732,521 | 3728,963 | 3879,823 | 3760,712 | 3787,108 | 3784,074 | 3785,753 | 3784,928 | 3685,869 |
| Indonesia | 560,5153 | 574,4848 | 620,7103 | 611,7073 | 664,3573 | 678,2717 | 691,0022 | 666,4 | 688,382 | 735,8209 | 742,6968 | 759,6426 |
| India | 358,6619 | 364,3951 | 365,8344 | 372,5646 | 386,471 | 390,8078 | 398,7705 | 400,8788 | 416,374 | 418,6843 | 417,382 | 422,6273 |
| Italy | 2645,673 | 2627,34 | 2611,99 | 2578,466 | 2799,376 | 2796,155 | 2834,403 | 2912,947 | 2957,311 | 3012,195 | 3020,621 | 3037,267 |
| Japan | 3575,246 | 3649,944 | 3664,568 | 3850,962 | 3935,995 | 4008,476 | 4041,168 | 3955,628 | 4011,225 | 4083,832 | 4008,268 | 3991,978 |
| Korea, Rep. | 2306,643 | 2534,341 | 2814,188 | 2958,408 | 3210,132 | 3454,855 | 3726,158 | 3377,635 | 3708,705 | 4002,671 | 4033,319 | 4170,476 |
| Mexico | 1491,303 | 1474,001 | 1469,469 | 1474,087 | 1401,23 | 1407,546 | 1456,876 | 1474,174 | 1494,359 | 1474,592 | 1506,72 | 1495,443 |
| Saudi Arabia | 4002,952 | 4426,464 | 4471,446 | 4588,954 | 4510,417 | 4728,228 | 4422,537 | 4623,704 | 4611,62 | 4712,744 | 4715,132 | 5078,499 |
| Turkey | 947,7563 | 961,9322 | 1004,137 | 976,489 | 1052,7 | 1126,182 | 1166,229 | 1169,882 | 1131,092 | 1201,087 | 1094,198 | 1139,392 |
| United States | 7631,468 | 7677,401 | 7709,497 | 7757,831 | 7763,755 | 7844,468 | 7828,581 | 7803,698 | 7923,224 | 8056,864 | 7827,886 | 7843,345 |
| South Africa | 2519,894 | 2292,197 | 2396,241 | 2420,415 | 2499,434 | 2506,73 | 2531,824 | 2477,047 | 2470,163 | 2428,708 | 2475,057 | 2399,497 |

Πίνακας Β.3: συνέχεια

| Χώρα | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 1589,545 | 1717,651 | 1709,572 | 1840,44 | 1845,098 | 1923,14 | 1850,862 | 1908,281 | 1933,523 | 1920,081 | 1951,439 | 2015,187 |
| Australia | 5568,765 | 5598,088 | 5564,087 | 5709,345 | 5868,347 | 5964,666 | 5862,552 | 5793,116 | 5745,232 | 5576,565 | 5470,94 | 5338,091 |
| Brazil | 1090,389 | 1136,968 | 1152,016 | 1178,851 | 1232,602 | 1288,117 | 1233,754 | 1351,029 | 1359,122 | 1404,755 | 1451,168 | 1484,927 |
| Canada | 8332,924 | 8441,185 | 8404,246 | 8240,116 | 8213,664 | 8195,212 | 7797,196 | 7788,473 | 7910,759 | 7725,328 | 7727,757 | 7874,052 |
| China | 1118,432 | 1268,133 | 1393,691 | 1515,174 | 1630,171 | 1672,904 | 1778,434 | 1954,723 | 2086,487 | 2155,165 | 2213,759 | 2236,73 |
| Germany | 4084,503 | 4114,39 | 4086,503 | 4204,655 | 3985,812 | 4036,831 | 3790,501 | 3997,079 | 3869,816 | 3876,948 | 3939,53 | 3779,462 |
| France | 4270,95 | 4301,737 | 4287,157 | 4188,843 | 4115,527 | 4110,585 | 3913,457 | 4016,848 | 3847,073 | 3836,658 | 3833,541 | 3657,991 |
| United Kingdom | 3731,61 | 3694,479 | 3686,36 | 3598,81 | 3441,64 | 3361,981 | 3145,586 | 3230,616 | 2972,148 | 3042,856 | 2987,703 | 2776,844 |
| Indonesia | 751,3089 | 789,927 | 792,9269 | 800,5394 | 785,9928 | 790,7844 | 843,4525 | 874,5806 | 831,556 | 851,7314 | 863,0435 | 883,911 |
| India | 425,6328 | 441,0648 | 451,1383 | 467,5458 | 486,5505 | 503,0356 | 546,1767 | 563,1593 | 579,4087 | 600,4432 | 606,8743 | 637,4286 |
| Italy | 3168,529 | 3169,933 | 3214,674 | 3175,8 | 3149,577 | 3087,566 | 2869,921 | 2930,589 | 2828,405 | 2709,298 | 2579,473 | 2414,484 |
| Japan | 3953,185 | 4078,211 | 4062,979 | 4053,883 | 4012,654 | 3858,435 | 3678,511 | 3893,267 | 3610,812 | 3537,363 | 3567,629 | 3470,763 |
| Korea, Rep. | 4233,487 | 4332,668 | 4364,219 | 4412,527 | 4564,988 | 4629,778 | 4649,766 | 5045,488 | 5216,588 | 5248,52 | 5231,675 | 5289,276 |
| Mexico | 1565,078 | 1562,085 | 1646,775 | 1659,516 | 1622,971 | 1580,662 | 1557,4 | 1489,637 | 1541,834 | 1586,613 | 1567,683 | 1513,259 |
| Saudi Arabia | 4990,77 | 5157,48 | 5126,341 | 5525,018 | 5556,713 | 6034,523 | 6250,328 | 6763,337 | 6307,892 | 6888,066 | 6417,917 | 6937,231 |
| Turkey | 1178,444 | 1204,722 | 1240,166 | 1354,677 | 1436,845 | 1401,349 | 1370,788 | 1474,67 | 1546,203 | 1585,4 | 1542,968 | 1577,828 |
| United States | 7794,236 | 7881,579 | 7846,5 | 7697,653 | 7758,166 | 7488,082 | 7056,784 | 7160,939 | 7028,153 | 6869,385 | 6902,433 | 6956,814 |
| South Africa | 2534,663 | 2733,048 | 2693,966 | 2639,713 | 2789,011 | 2963,363 | 2864,649 | 2780,992 | 2731,093 | 2653,062 | 2621,162 | 2715,291 |

Πίνακας Β.4: Τιμές της μεταβλητής ΑΕΠ (GDP)

| Χώρα | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 235515,3 | 277855,8 | 320473,9 | 372903 | 416118,8 | 532989,8 | 553420,7 | 554934,2 | 523007,4 | 520440,7 | 489405,2 | 421078,2 |
| Australia | 459646,7 | 478489,3 | 496492,8 | 520231,1 | 549039,4 | 576827,4 | 603486,9 | 622528,7 | 651364,3 | 672515,4 | 694783,7 | 713336,6 |
| Brazil | 940129,3 | 967817,7 | 1044833 | 1180976 | 1377345 | 1657008 | 1602398 | 1539692 | 1486587 | 1507568 | 1498774 | 1515301 |
| Canada | 812978,8 | 821074,3 | 840573,8 | 882612,8 | 930239,9 | 948945 | 982964,5 | 994437,6 | 1055508 | 1127565 | 1119308 | 1127791 |
| China | 2872830 | 3151253 | 3496467 | 3697357 | 4108395 | 4275323 | 4484423 | 4480408 | 4786411 | 5108341 | 5506417 | 6113615 |
| Germany | 2088387 | 2164368 | 2190120 | 2279623 | 2376434 | 2409761 | 2481534 | 2555663 | 2641264 | 2703666 | 2747856 | 2750452 |
| France | 1452342 | 1481792 | 1481563 | 1514447 | 1554860 | 1587360 | 1674515 | 1763626 | 1829754 | 1942995 | 2008239 | 2036409 |
| United Kingdom | 1363587 | 1376120 | 1427750 | 1478347 | 1554254 | 1641439 | 1756577 | 1813215 | 1884668 | 2024305 | 2079138 | 2086833 |
| Indonesia | 626589,6 | 669060,9 | 713553,9 | 779924,9 | 855545,9 | 931563,2 | 942847,1 | 759787,7 | 759260,6 | 741306,2 | 759085,3 | 770276,8 |
| India | 1162987 | 1236328 | 1319953 | 1415499 | 1527447 | 1663682 | 1767044 | 1899004 | 2036703 | 2131451 | 2237936 | 2367586 |
| Italy | 1452529 | 1480875 | 1480556 | 1528411 | 1596989 | 1627294 | 1684239 | 1767814 | 1808118 | 1867201 | 1911009 | 1844033 |
| Japan | 3595439 | 3732201 | 3852767 | 3980359 | 4177391 | 4247369 | 4278626 | 4172601 | 4149478 | 4251423 | 4214869 | 4230063 |
| Korea, Rep. | 591618,3 | 635053,1 | 690907,8 | 763892,9 | 850540,7 | 906221,4 | 944888,1 | 857856,1 | 958323,9 | 1035199 | 1068078 | 1152833 |
| Mexico | 914965,5 | 950663,5 | 960177,6 | 994086,8 | 904550,5 | 925872,1 | 989398,1 | 1053905 | 1083262 | 1203299 | 1211921 | 1217542 |
| Saudi Arabia | 315293,8 | 339532 | 334638 | 318361 | 323307,1 | 349296,1 | 352066,4 | 322996,5 | 362481,7 | 417695,6 | 403900,4 | 433031,5 |
| Turkey | 529921,2 | 553209,4 | 606535,6 | 570614,4 | 611275,1 | 687469,3 | 718617,5 | 701149,7 | 670118 | 746999,2 | 720375,9 | 715553,4 |
| United States | 9171585 | 9509170 | 9786068 | 10205495 | 10501270 | 10926444 | 11437019 | 11956923 | 12510232 | 13031820 | 13127311 | 13309916 |
| South Africa | 308591,3 | 303614,8 | 311703,6 | 319482,9 | 337423,8 | 353407,6 | 363296,7 | 367731,9 | 371713,7 | 391348,5 | 405437,2 | 432332,5 |

Πίνακας Β.4: συνέχεια

| Χώρα | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 456466,5 | 499958,9 | 546220,4 | 593656 | 649728 | 685144,1 | 679886,3 | 753785,4 | 833239 | 852365,6 | 868237,1 | 862902,4 |
| Australia | 742670,2 | 767682,4 | 823623,7 | 847763,9 | 879535,3 | 932737,5 | 919825,8 | 996977,8 | 1039932 | 1026888 | 1034653 | 1045083 |
| Brazil | 1508241 | 1587834 | 1641127 | 1791231 | 1994912 | 2218940 | 2301680 | 2669472 | 2973903 | 2982947 | 3060899 | 3052319 |
| Canada | 1184269 | 1235663 | 1323181 | 1342066 | 1384391 | 1456291 | 1304883 | 1387124 | 1455816 | 1470333 | 1493624 | 1543374 |
| China | 6661583 | 7407745 | 8209448 | 9035262 | 10002647 | 10435085 | 11395943 | 12590990 | 13779918 | 14888096 | 15878105 | 17135952 |
| Germany | 2804614 | 2879093 | 3013838 | 3080339 | 3274641 | 3364912 | 3139046 | 3292698 | 3473489 | 3484178 | 3597397 | 3750589 |
| France | 1955126 | 2005504 | 2103202 | 2139618 | 2267029 | 2297685 | 2248625 | 2313305 | 2392258 | 2421442 | 2515464 | 2550435 |
| United Kingdom | 2092084 | 2153446 | 2271498 | 2302793 | 2303310 | 2323823 | 2191216 | 2177450 | 2208983 | 2287097 | 2437409 | 2493279 |
| Indonesia | 780053,2 | 850691,1 | 925199,4 | 1023533 | 1142481 | 1365730 | 1509735 | 1786714 | 2166273 | 2278699 | 2382739 | 2493046 |
| India | 2598862 | 2807852 | 3175494 | 3550196 | 3965629 | 4409224 | 4708603 | 5399225 | 5947918 | 6324436 | 6585998 | 7061826 |
| Italy | 1831163 | 1839430 | 1884407 | 1943301 | 2064826 | 2116345 | 2039252 | 2045186 | 2097793 | 2109461 | 2100516 | 2111946 |
| Japan | 4295864 | 4403218 | 4468057 | 4511494 | 4610070 | 4512247 | 4286372 | 4523647 | 4451223 | 4474209 | 4504978 | 4509603 |
| Korea, Rep. | 1196619 | 1266604 | 1351966 | 1391838 | 1468399 | 1463139 | 1438215 | 1562464 | 1590548 | 1610429 | 1663808 | 1750372 |
| Mexico | 1254357 | 1345215 | 1458528 | 1542631 | 1615149 | 1677677 | 1573495 | 1694514 | 1830819 | 1862729 | 1906050 | 1945966 |
| Saudi Arabia | 473051,7 | 557969 | 679997,8 | 786462,4 | 861602,9 | 1070019 | 938752,3 | 1122281 | 1395365 | 1510029 | 1506471 | 1487960 |
| Turkey | 682069,4 | 772992,6 | 851063,7 | 938834,9 | 1005586 | 1079566 | 1055670 | 1173178 | 1317386 | 1398701 | 1456237 | 1525255 |
| United States | 13679334 | 14204685 | 14683344 | 15083465 | 15359941 | 15305872 | 14844276 | 15250698 | 15517930 | 15899255 | 16183547 | 16598099 |
| South Africa | 444048,2 | 468739,3 | 504292,4 | 540752,4 | 571764 | 582816,8 | 564723 | 585953,1 | 618362,8 | 627725,2 | 640491,8 | 651267,1 |

Πίνακας Β.5: Τιμές της μεταβλητής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

| Χώρα | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 117098,3 | 121352 | 117927,1 | 122408,1 | 127963,6 | 135000,6 | 138003,9 | 139815,4 | 146984,4 | 142136,6 | 133720,8 | 124714,7 |
| Australia | 261471,8 | 267984,4 | 277397,5 | 278119,9 | 281860,3 | 302164,5 | 305794,8 | 316883,8 | 325343,6 | 329443,3 | 324844,9 | 341353,7 |
| Brazil | 219330,6 | 220705,7 | 230738,6 | 242154 | 258347,5 | 284782,9 | 300547,3 | 312289,1 | 320173,1 | 327983,8 | 337433,7 | 332266,9 |
| Canada | 426780,1 | 440978,8 | 445580,8 | 456849,5 | 467637,8 | 479419,9 | 495294,4 | 506533,7 | 515389,5 | 534380,9 | 527927 | 519335,2 |
| China | 2565595 | 2690456 | 2878694 | 3058241 | 3320285 | 3463089 | 3469510 | 3324345 | 3318056 | 3405180 | 3487566 | 3850269 |
| Germany | 929973,2 | 891975,7 | 877645,1 | 865558,7 | 864110,2 | 889614,2 | 862276,7 | 855364,4 | 822460,4 | 829977,8 | 853662,9 | 829724,8 |
| France | 390689,5 | 365893,3 | 359916,1 | 338119,4 | 349160,7 | 375306,4 | 351562,6 | 377444,3 | 368918,5 | 362226,3 | 377536 | 375075,4 |
| United Kingdom | 566830,2 | 556280,2 | 545711,9 | 546738,7 | 538117,6 | 551436,1 | 527343,9 | 531905,7 | 530937,6 | 541784,6 | 545862,3 | 528642,1 |
| Indonesia | 179730,7 | 202576,1 | 218600,9 | 221413,5 | 224941,1 | 253290,7 | 278659 | 214200,5 | 241989 | 263418,9 | 294907,5 | 306737,2 |
| India | 658189,8 | 699087,9 | 723697,1 | 764730,8 | 811562,1 | 882324,2 | 917685,1 | 936221,8 | 995766,5 | 1031853 | 1041153 | 1054259 |
| Italy | 423894,2 | 420535,2 | 411917,8 | 407378 | 430483,8 | 425830,4 | 430487,5 | 440153,7 | 441998,2 | 450564,3 | 450347,9 | 452610,5 |
| Japan | 1099381 | 1123847 | 1109887 | 1173315 | 1183447 | 1204690 | 1200788 | 1157830 | 1196516 | 1220528 | 1203377 | 1220048 |
| Korea, Rep. | 261482,8 | 284280,5 | 321951,6 | 344037,9 | 374771,1 | 403780,7 | 430032,8 | 364833,5 | 399864,3 | 447561 | 450193,9 | 465632 |
| Mexico | 331958,8 | 334698,1 | 339468,9 | 352780,1 | 332816,9 | 346417,8 | 369769,3 | 389087 | 391591,6 | 398382,9 | 412977,5 | 414389,3 |
| Saudi Arabia | 267768 | 285534,6 | 313818,2 | 307962 | 235161 | 258750,9 | 216239,3 | 207680,5 | 226459,3 | 296935,3 | 297214 | 326407 |
| Turkey | 148619,8 | 153108,3 | 159136,8 | 156848,6 | 171975 | 188205,1 | 198535 | 200614,2 | 196771,2 | 216151,3 | 194552,7 | 205685,7 |
| United States | 4820847 | 4909534 | 5028674 | 5094354 | 5132920 | 5252112 | 5368715 | 5401011 | 5504669 | 5693685 | 5595794 | 5641309 |
| South Africa | 326410,7 | 301687,8 | 321049,5 | 339168,2 | 362259,3 | 364400,8 | 386131,4 | 377726,7 | 375236,8 | 378665,4 | 372042,8 | 356637,8 |

Πίνακας Β.5: συνέχεια

| Χώρα | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argentina | 135062,9 | 157589,3 | 162110,7 | 175436,6 | 175176,3 | 189107,2 | 179961,7 | 187919,1 | 191633,8 | 192356,2 | 189851,6 | 204024,5 |
| Australia | 336271,2 | 342699,5 | 350172,8 | 365346,9 | 372090,5 | 385904,1 | 394792,9 | 390861,9 | 391819 | 388126,3 | 372266,5 | 361261,8 |
| Brazil | 321621,6 | 337826 | 347308,9 | 347668,3 | 363212,7 | 387631,2 | 367147,4 | 419754,2 | 439412,9 | 470028,7 | 503677,1 | 529808,2 |
| Canada | 553100,9 | 552198,9 | 557417 | 543819,8 | 554355,1 | 561029 | 536764,5 | 534670,6 | 537112,8 | 517457,7 | 517160,7 | 537193,5 |
| China | 4540417 | 5233539 | 5896958 | 6529292 | 7030798 | 7553070 | 8001009 | 8776040 | 9733538 | 10028574 | 10258007 | 10291927 |
| Germany | 822812,5 | 816802,2 | 797180,1 | 816472,2 | 780546,6 | 780565 | 722263,3 | 758860 | 732497,9 | 739861,3 | 757312,5 | 719883,4 |
| France | 380689,6 | 383758,9 | 385368,7 | 375764,8 | 369142,2 | 366326 | 351900 | 353033,1 | 331804,8 | 333227,6 | 334096,7 | 303275,6 |
| United Kingdom | 540006,1 | 539239,7 | 542580,3 | 541458,2 | 528425,7 | 520688,3 | 471719,2 | 493207,8 | 447828,7 | 468572,9 | 458250,3 | 419820,2 |
| Indonesia | 316792,1 | 337635,4 | 341991,8 | 345119,7 | 375544,8 | 416560,2 | 446409,6 | 428760,3 | 603665,2 | 637078,9 | 490226,6 | 464176,2 |
| India | 1099598 | 1154320 | 1222563 | 1303718 | 1407607 | 1568380 | 1738646 | 1719691 | 1841776 | 2018504 | 2034752 | 2238377 |
| Italy | 468349,2 | 473970,8 | 473384 | 469346,7 | 462676,4 | 447187 | 401591,5 | 405361,2 | 397994,2 | 369468,6 | 345317,7 | 320411,5 |
| Japan | 1242094 | 1266010 | 1239255 | 1231496 | 1252229 | 1210136 | 1103870 | 1171625 | 1191075 | 1230168 | 1246516 | 1214048 |
| Korea, Rep. | 466215 | 482276,5 | 462922,1 | 470655,8 | 495675,7 | 507589,8 | 508862,3 | 566716,5 | 589400,6 | 583966,1 | 592499,2 | 587156,4 |
| Mexico | 440208,7 | 441308,8 | 466361,7 | 479251,2 | 480520 | 493251,8 | 475950,9 | 464308,2 | 484429 | 496324,8 | 490340,2 | 480270,7 |
| Saudi Arabia | 327272,4 | 395834,3 | 397642,1 | 432739 | 387777,9 | 430175,8 | 468965,3 | 518491,8 | 499878,1 | 564842,7 | 541047,5 | 601047 |
| Turkey | 218523,9 | 225421,5 | 237390,6 | 261614,8 | 284658,2 | 283979,8 | 277844,9 | 298002,4 | 320840,5 | 329560,6 | 324771,5 | 345981,5 |
| United States | 5675702 | 5756075 | 5789727 | 5697286 | 5789031 | 5614111 | 5263505 | 5395532 | 5289681 | 5119436 | 5159161 | 5254279 |
| South Africa | 404459,1 | 450186,6 | 416915,9 | 447894,7 | 466578,1 | 496772,2 | 503112,4 | 474099,1 | 470582,4 | 468770,9 | 466376,4 | 489771,9 |

Πίνακας Β.6: Τιμές της μεταβλητής μετασχηματισμένο CO₂ (CO₂ transformed)

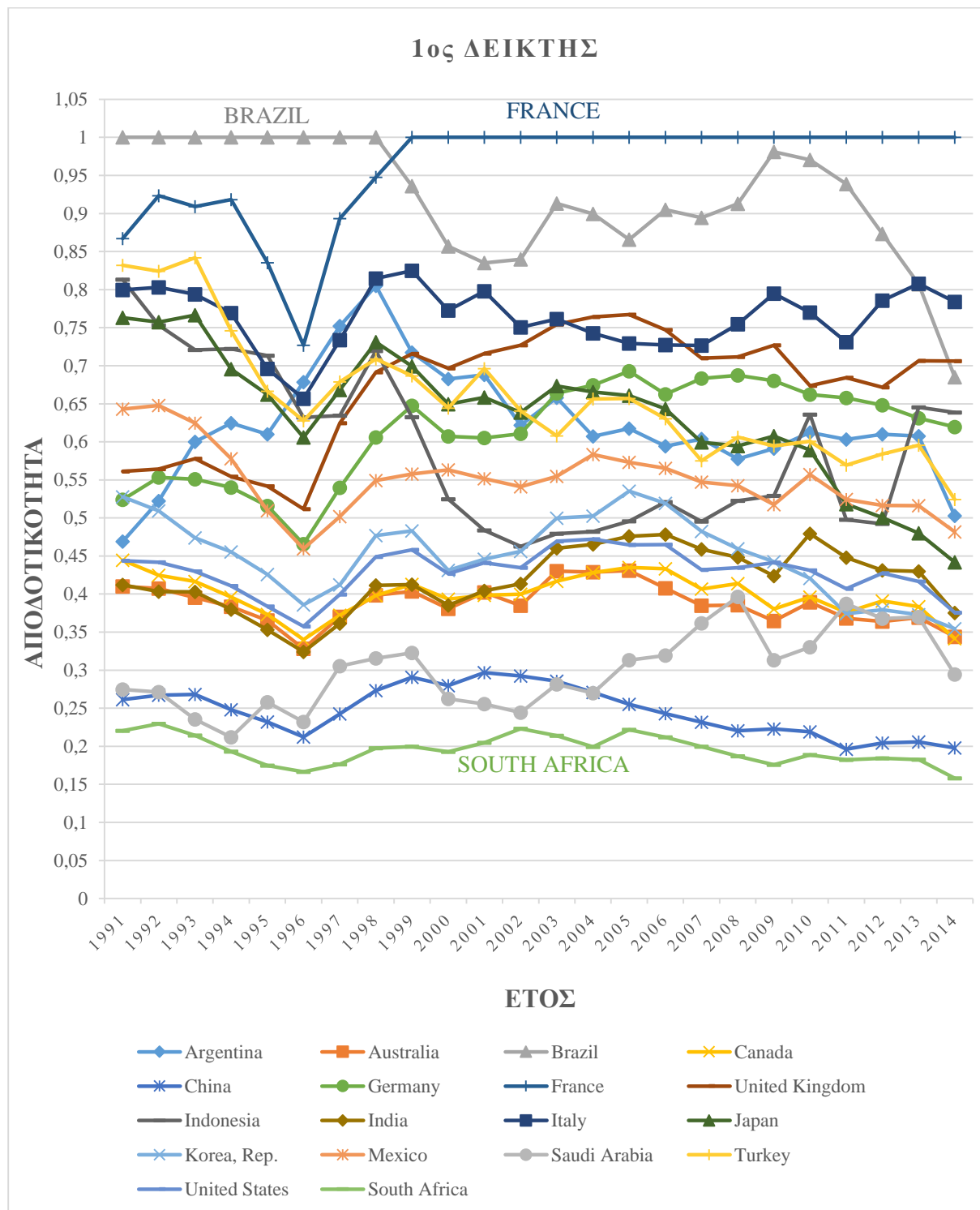
| Χώρα | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Argentina | 4703750 | 4788183 | 4910748 | 4971947 | 5004957 | 5117112 | 5230712 | 5261196 | 5357686 | 5551549 | 5462075 | 5516595 |
| Australia | 4559376 | 4641550 | 4751278 | 4816235 | 4851061 | 4949949 | 5062922 | 5084128 | 5179327 | 5364243 | 5270950 | 5299956 |
| Brazil | 4601518 | 4688829 | 4797937 | 4852201 | 4874573 | 4967330 | 5068169 | 5088723 | 5184497 | 5365702 | 5258362 | 5309043 |
| Canada | 4394068 | 4468556 | 4583095 | 4637506 | 4665283 | 4772693 | 4873422 | 4894478 | 4989281 | 5159305 | 5067868 | 5121975 |
| China | 2255254 | 2219079 | 2149981 | 2036114 | 1812636 | 1789024 | 1899206 | 2076667 | 2186615 | 2288506 | 2108229 | 1791041 |
| Germany | 3890875 | 4017559 | 4151030 | 4228796 | 4268811 | 4362499 | 4506440 | 4545647 | 4682210 | 4863708 | 4742132 | 4811585 |
| France | 4430159 | 4543641 | 4668759 | 4756236 | 4783760 | 4876807 | 5017154 | 5023567 | 5135752 | 5331460 | 5218259 | 5266235 |
| United Kingdom | 4254018 | 4353254 | 4482964 | 4547616 | 4594803 | 4700677 | 4841372 | 4869106 | 4973733 | 5151901 | 5049933 | 5112668 |
| Indonesia | 4641118 | 4706959 | 4810075 | 4872942 | 4907980 | 4998822 | 5090057 | 5186811 | 5262681 | 5430267 | 5300888 | 5334573 |
| India | 4162658 | 4210447 | 4304978 | 4329624 | 4321359 | 4369789 | 4451031 | 4464790 | 4508904 | 4661832 | 4554642 | 4587051 |
| Italy | 4396954 | 4488999 | 4616758 | 4686977 | 4702437 | 4826283 | 4938229 | 4960858 | 5062672 | 5243122 | 5145447 | 5188700 |
| Japan | 3721467 | 3785687 | 3918788 | 3921040 | 3949474 | 4047423 | 4167928 | 4243182 | 4308154 | 4473158 | 4392418 | 4421263 |
| Korea, Rep. | 4559365 | 4625254 | 4706724 | 4750317 | 4758150 | 4848332 | 4938684 | 5036178 | 5104806 | 5246125 | 5145601 | 5175678 |
| Mexico | 4488889 | 4574837 | 4689207 | 4741575 | 4800104 | 4905695 | 4998947 | 5011925 | 5113079 | 5295303 | 5182818 | 5226921 |
| Saudi Arabia | 4553080 | 4624000 | 4714857 | 4786393 | 4897760 | 4993362 | 5152477 | 5193331 | 5278211 | 5396751 | 5298581 | 5314903 |
| Turkey | 4672228 | 4756426 | 4869539 | 4937506 | 4960946 | 5063908 | 5170181 | 5200397 | 5307899 | 5477535 | 5401243 | 5435624 |
| United States | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| South Africa | 4494438 | 4607847 | 4707626 | 4755187 | 4770662 | 4887712 | 4982585 | 5023285 | 5129434 | 5315020 | 5223753 | 5284672 |

Πίνακας Β.6: συνέχεια

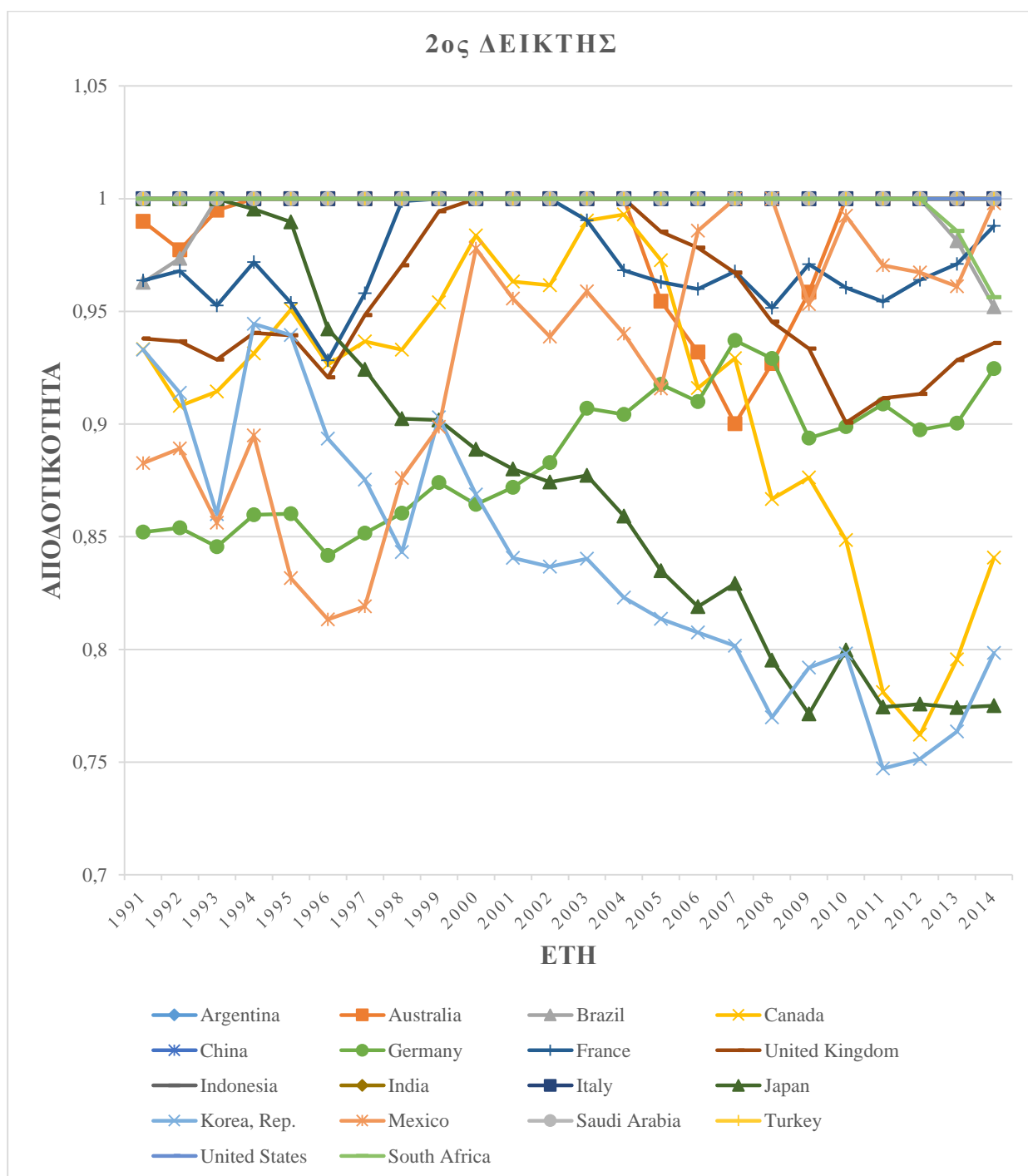
| Χώρα | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Argentina | 5540640 | 5598487 | 5734848 | 6353856 | 6855623 | 7363964 | 7821048 | 8588122 | 9541905 | 9836219 | 10068157 | 10087903 |
| Australia | 5339432 | 5413377 | 5546786 | 6163946 | 6658708 | 7167167 | 7606217 | 8385180 | 9341720 | 9640449 | 9885742 | 9930666 |
| Brazil | 5354081 | 5418250 | 5549650 | 6181624 | 6667586 | 7165440 | 7633863 | 8356287 | 9294126 | 9558546 | 9754331 | 9762120 |
| Canada | 5122602 | 5203877 | 5339542 | 5985473 | 6476444 | 6992042 | 7464246 | 8241371 | 9196426 | 9511117 | 9740847 | 9754734 |
| China | 1135286 | 522537,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Germany | 4852890 | 4939274 | 5099779 | 5712820 | 6250252 | 6772506 | 7278747 | 8017181 | 9001041 | 9288714 | 9500696 | 9572044 |
| France | 5295013 | 5372317 | 5511590 | 6153528 | 6661657 | 7186745 | 7649110 | 8423008 | 9401734 | 9695347 | 9923911 | 9988652 |
| United Kingdom | 5135697 | 5216837 | 5354378 | 5987834 | 6502373 | 7032383 | 7529291 | 8282834 | 9285710 | 9560002 | 9799758 | 9872108 |
| Indonesia | 5358911 | 5418441 | 5554967 | 6184173 | 6655254 | 7136511 | 7554600 | 8347281 | 9129874 | 9391496 | 9767782 | 9827752 |
| India | 4576105 | 4601756 | 4674396 | 5225575 | 5623191 | 5984692 | 6262364 | 7056350 | 7891763 | 8010071 | 8223256 | 8053551 |
| Italy | 5207354 | 5282105 | 5423575 | 6059946 | 6568122 | 7105884 | 7599418 | 8370680 | 9335545 | 9659106 | 9912690 | 9971516 |
| Japan | 4433609 | 4490066 | 4657703 | 5297797 | 5778570 | 6342936 | 6897140 | 7604417 | 8542465 | 8798406 | 9011492 | 9077880 |
| Korea, Rep. | 5209488 | 5273800 | 5434037 | 6058637 | 6535123 | 7045481 | 7492148 | 8209325 | 9144139 | 9444609 | 9665509 | 9704772 |
| Mexico | 5235494 | 5314767 | 5430597 | 6050041 | 6550279 | 7059819 | 7525059 | 8311733 | 9249110 | 9532250 | 9767668 | 9811657 |
| Saudi Arabia | 5348431 | 5360242 | 5499317 | 6096554 | 6643021 | 7122895 | 7532045 | 8257550 | 9233661 | 9463732 | 9716961 | 9690881 |
| Turkey | 5457179 | 5530655 | 5659568 | 6267678 | 6746141 | 7269091 | 7723165 | 8478039 | 9412699 | 9699014 | 9933237 | 9945946 |
| United States | 1 | 1 | 107231,4 | 832006,6 | 1241768 | 1938960 | 2737505 | 3380509 | 4443859 | 4909139 | 5098847 | 5037649 |
| South Africa | 5271244 | 5305890 | 5480043 | 6081398 | 6564221 | 7056299 | 7497898 | 8301942 | 9262957 | 9559804 | 9791632 | 9802156 |

Παράρτημα Γ

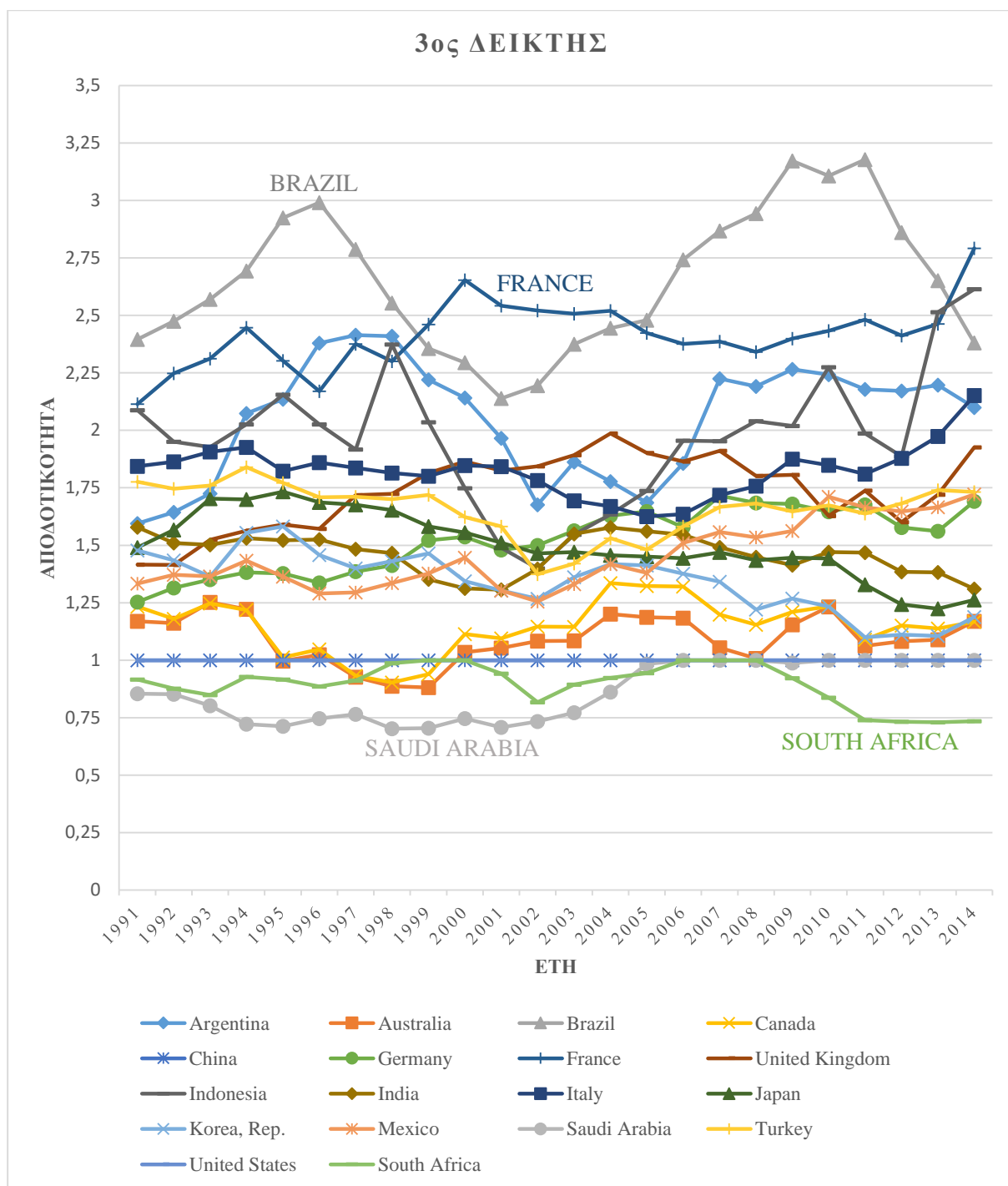
Διάγραμμα Γ.1



Διάγραμμα Γ.2



Διάγραμμα Γ.3



Παράρτημα Δ

Πίνακας Δ.1: Περιβαλλοντικές αποδοτικότητες των χωρών κατά Μ.Ο. ανά έτος για τους τρεις δείκτες

| | Argentina | | | Australia | | | Brazil | | | Canada | | | China | | |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΕΤΟΣ | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης |
| 1991 | 0,4692 | 1 | 1,5943 | 0,4101 | 0,99 | 1,1689 | 1 | 0,9629 | 2,3962 | 0,4444 | 0,9332 | 1,2333 | 0,2612 | 1 | 1 |
| 1992 | 0,5221 | 1 | 1,644 | 0,4072 | 0,9773 | 1,1616 | 1 | 0,9735 | 2,4746 | 0,4246 | 0,908 | 1,1797 | 0,2671 | 1 | 1 |
| 1993 | 0,6001 | 1 | 1,7252 | 0,3953 | 0,9949 | 1,2522 | 1 | 1 | 2,5695 | 0,4166 | 0,9144 | 1,2476 | 0,2682 | 1 | 1 |
| 1994 | 0,6246 | 1 | 2,0734 | 0,3835 | 1 | 1,222 | 1 | 1 | 2,6933 | 0,3961 | 0,9313 | 1,2187 | 0,2479 | 1 | 1 |
| 1995 | 0,6099 | 1 | 2,1358 | 0,3654 | 1 | 0,9964 | 1 | 1 | 2,9246 | 0,3731 | 0,9509 | 1,0124 | 0,2321 | 1 | 1 |
| 1996 | 0,6785 | 1 | 2,3788 | 0,3281 | 1 | 1,0238 | 1 | 1 | 2,9904 | 0,3402 | 0,9264 | 1,0473 | 0,2122 | 1 | 1 |
| 1997 | 0,7522 | 1 | 2,4139 | 0,3702 | 1 | 0,9264 | 1 | 1 | 2,787 | 0,3722 | 0,9366 | 0,9316 | 0,2424 | 1 | 1 |
| 1998 | 0,805 | 1 | 2,4098 | 0,3985 | 1 | 0,8874 | 1 | 1 | 2,5538 | 0,3982 | 0,933 | 0,9029 | 0,2734 | 1 | 1 |
| 1999 | 0,7174 | 1 | 2,2205 | 0,4037 | 1 | 0,8809 | 0,9361 | 1 | 2,3557 | 0,4129 | 0,954 | 0,9392 | 0,2908 | 1 | 1 |
| 2000 | 0,6826 | 1 | 2,1416 | 0,3806 | 1 | 1,0349 | 0,8569 | 1 | 2,2947 | 0,3934 | 0,9837 | 1,1131 | 0,2797 | 1 | 1 |
| 2001 | 0,688 | 1 | 1,9661 | 0,4021 | 1 | 1,0533 | 0,835 | 1 | 2,1382 | 0,3986 | 0,9632 | 1,0947 | 0,2968 | 1 | 1 |
| 2002 | 0,6219 | 1 | 1,6766 | 0,3849 | 1 | 1,0827 | 0,84 | 1 | 2,1946 | 0,4 | 0,9615 | 1,1464 | 0,2925 | 1 | 1 |
| 2003 | 0,6581 | 1 | 1,8617 | 0,43 | 1 | 1,0844 | 0,9131 | 1 | 2,3753 | 0,4169 | 0,9903 | 1,1451 | 0,2857 | 1 | 1 |
| 2004 | 0,6071 | 1 | 1,7768 | 0,4287 | 1 | 1,2002 | 0,8994 | 1 | 2,4442 | 0,4282 | 0,993 | 1,3351 | 0,2708 | 1 | 1 |
| 2005 | 0,6174 | 1 | 1,685 | 0,431 | 0,9544 | 1,1866 | 0,8658 | 1 | 2,4792 | 0,4349 | 0,9726 | 1,3231 | 0,2551 | 1 | 1 |
| 2006 | 0,5943 | 1 | 1,8568 | 0,4075 | 0,932 | 1,1829 | 0,9048 | 1 | 2,7417 | 0,4334 | 0,9159 | 1,32 | 0,243 | 1 | 1 |
| 2007 | 0,6039 | 1 | 2,2253 | 0,3849 | 0,9001 | 1,0545 | 0,8943 | 1 | 2,867 | 0,4066 | 0,9292 | 1,1986 | 0,2317 | 1 | 1 |
| 2008 | 0,5776 | 1 | 2,1916 | 0,3854 | 0,9268 | 1,0082 | 0,9126 | 1 | 2,9434 | 0,4138 | 0,8667 | 1,1545 | 0,2203 | 1 | 1 |
| 2009 | 0,5912 | 1 | 2,2656 | 0,3646 | 0,9585 | 1,1545 | 0,9811 | 1 | 3,1726 | 0,3804 | 0,8763 | 1,2103 | 0,2229 | 1 | 1 |
| 2010 | 0,6122 | 1 | 2,2423 | 0,3893 | 1 | 1,2322 | 0,9705 | 1 | 3,107 | 0,3959 | 0,8486 | 1,2349 | 0,2189 | 1 | 1 |
| 2011 | 0,6031 | 1 | 2,1788 | 0,3681 | 1 | 1,0623 | 0,9387 | 1 | 3,1784 | 0,3759 | 0,7811 | 1,0891 | 0,1964 | 1 | 1 |
| 2012 | 0,6098 | 1 | 2,1717 | 0,3641 | 1 | 1,0823 | 0,8733 | 1 | 2,8603 | 0,391 | 0,7621 | 1,151 | 0,2043 | 1 | 1 |
| 2013 | 0,6074 | 1 | 2,1971 | 0,3691 | 1 | 1,0894 | 0,8071 | 0,9813 | 2,6516 | 0,3836 | 0,7955 | 1,1384 | 0,2056 | 1 | 1 |
| 2014 | 0,5029 | 1 | 2,0994 | 0,344 | 1 | 1,1694 | 0,6851 | 0,952 | 2,3806 | 0,3416 | 0,8407 | 1,167 | 0,198 | 1 | 1 |
| Mean | 0,6232 | 1 | 2,0472 | 0,3873 | 0,9847 | 1,0916 | 0,9214 | 0,9946 | 2,6489 | 0,3989 | 0,9112 | 1,1473 | 0,2465 | 1 | 1 |

Πίνακας Δ.1: (συνέχεια)

| | Germany | | | France | | | United Kingdom | | | Indonesia | | | India | | |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ΕΤΟΣ | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης |
| 1991 | 0,5239 | 0,8521 | 1,2531 | 0,8673 | 0,9636 | 2,1143 | 0,5612 | 0,938 | 1,4155 | 0,8133 | 1 | 2,0877 | 0,4122 | 1 | 1,578 |
| 1992 | 0,5533 | 0,854 | 1,315 | 0,9235 | 0,9679 | 2,2476 | 0,5641 | 0,9366 | 1,415 | 0,7532 | 1 | 1,95 | 0,4033 | 1 | 1,5099 |
| 1993 | 0,5511 | 0,8455 | 1,3508 | 0,9091 | 0,9526 | 2,3119 | 0,5778 | 0,9286 | 1,5237 | 0,7209 | 1 | 1,9274 | 0,4028 | 1 | 1,5016 |
| 1994 | 0,54 | 0,8598 | 1,3823 | 0,9184 | 0,9718 | 2,4466 | 0,5544 | 0,9404 | 1,5634 | 0,7223 | 1 | 2,0265 | 0,3795 | 1 | 1,531 |
| 1995 | 0,5158 | 0,8603 | 1,3776 | 0,8353 | 0,9538 | 2,3027 | 0,5418 | 0,9394 | 1,5906 | 0,7134 | 1 | 2,1545 | 0,353 | 1 | 1,5211 |
| 1996 | 0,4655 | 0,8416 | 1,337 | 0,7269 | 0,9282 | 2,1696 | 0,5116 | 0,9207 | 1,5713 | 0,6321 | 1 | 2,0265 | 0,3241 | 1 | 1,5253 |
| 1997 | 0,5398 | 0,8515 | 1,3858 | 0,8934 | 0,9581 | 2,376 | 0,6248 | 0,9484 | 1,7183 | 0,6346 | 1 | 1,917 | 0,3612 | 1 | 1,4828 |
| 1998 | 0,606 | 0,8605 | 1,4127 | 0,9477 | 0,9989 | 2,3001 | 0,6914 | 0,9704 | 1,7239 | 0,7194 | 1 | 2,3737 | 0,4114 | 1 | 1,4655 |
| 1999 | 0,6475 | 0,874 | 1,5211 | 1 | 1 | 2,4611 | 0,7157 | 0,9945 | 1,8142 | 0,6326 | 1 | 2,0352 | 0,4124 | 1 | 1,3523 |
| 2000 | 0,6073 | 0,8643 | 1,5365 | 1 | 1 | 2,6534 | 0,6966 | 1 | 1,8649 | 0,5246 | 1 | 1,7487 | 0,3851 | 1 | 1,3126 |
| 2001 | 0,6051 | 0,8719 | 1,4791 | 1 | 1 | 2,5419 | 0,7161 | 1 | 1,8253 | 0,4839 | 1 | 1,4891 | 0,4041 | 1 | 1,3067 |
| 2002 | 0,6106 | 0,8829 | 1,4992 | 1 | 1 | 2,5207 | 0,7271 | 1 | 1,8436 | 0,4625 | 1 | 1,3996 | 0,4136 | 1 | 1,3968 |
| 2003 | 0,6637 | 0,9069 | 1,5631 | 1 | 0,9904 | 2,5072 | 0,7544 | 1 | 1,8927 | 0,4795 | 1 | 1,5456 | 0,4602 | 1 | 1,5493 |
| 2004 | 0,6745 | 0,9043 | 1,628 | 1 | 0,9682 | 2,5198 | 0,7642 | 1 | 1,9867 | 0,4821 | 1 | 1,6347 | 0,4655 | 1 | 1,5769 |
| 2005 | 0,6927 | 0,9176 | 1,647 | 1 | 0,9629 | 2,424 | 0,7671 | 0,9853 | 1,9016 | 0,4957 | 1 | 1,7367 | 0,4759 | 1 | 1,5613 |
| 2006 | 0,6626 | 0,9099 | 1,5783 | 1 | 0,96 | 2,3758 | 0,7469 | 0,9783 | 1,8646 | 0,5208 | 1 | 1,9553 | 0,4782 | 1 | 1,5454 |
| 2007 | 0,6831 | 0,9371 | 1,7155 | 1 | 0,9677 | 2,3863 | 0,7098 | 0,9671 | 1,9109 | 0,4954 | 1 | 1,9531 | 0,4587 | 1 | 1,4908 |
| 2008 | 0,6873 | 0,9291 | 1,6848 | 1 | 0,9515 | 2,3405 | 0,7115 | 0,9454 | 1,8014 | 0,5227 | 1 | 2,0398 | 0,4482 | 1 | 1,4481 |
| 2009 | 0,6801 | 0,8938 | 1,6793 | 1 | 0,9709 | 2,3993 | 0,7269 | 0,9334 | 1,8058 | 0,5293 | 1 | 2,0187 | 0,4238 | 1 | 1,4133 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|---|--------|
| 2010 | 0,6622 | 0,8989 | 1,6453 | 1 | 0,9605 | 2,4323 | 0,6738 | 0,9006 | 1,6278 | 0,636 | 1 | 2,2742 | 0,4791 | 1 | 1,4703 |
| 2011 | 0,6577 | 0,9088 | 1,676 | 1 | 0,9544 | 2,4819 | 0,6842 | 0,9115 | 1,7374 | 0,4977 | 1 | 1,9859 | 0,4479 | 1 | 1,4676 |
| 2012 | 0,6481 | 0,8975 | 1,5778 | 1 | 0,9639 | 2,4122 | 0,6717 | 0,9134 | 1,6005 | 0,4922 | 1 | 1,8869 | 0,4312 | 1 | 1,3842 |
| 2013 | 0,6309 | 0,9003 | 1,5612 | 1 | 0,971 | 2,4635 | 0,7064 | 0,9284 | 1,7206 | 0,6456 | 1 | 2,5139 | 0,4299 | 1 | 1,382 |
| 2014 | 0,6195 | 0,9246 | 1,6913 | 1 | 0,9879 | 2,7924 | 0,7062 | 0,936 | 1,9257 | 0,6387 | 1 | 2,6139 | 0,3752 | 1 | 1,3103 |
| Mean | 0,6137 | 0,8853 | 1,5207 | 0,9592 | 0,971 | 2,4159 | 0,6711 | 0,9548 | 1,7352 | 0,5937 | 1 | 1,9706 | 0,4182 | 1 | 1,4618 |

Πίνακας Δ.1: (συνέχεια)

| ΕΤΟΣ | Italy | | | Japan | | | Korea, Rep. | | | Mexico | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης |
| 1991 | 0,7994 | 1 | 1,843 | 0,763 | 1 | 1,4897 | 0,5279 | 0,933 | 1,4769 | 0,643 | 0,8826 | 1,3329 |
| 1992 | 0,803 | 1 | 1,8634 | 0,7573 | 1 | 1,5664 | 0,5094 | 0,9139 | 1,4338 | 0,6477 | 0,8891 | 1,3719 |
| 1993 | 0,7938 | 1 | 1,9065 | 0,7666 | 1 | 1,7031 | 0,4739 | 0,86 | 1,363 | 0,6246 | 0,8562 | 1,3651 |
| 1994 | 0,7693 | 1 | 1,9265 | 0,6956 | 0,9953 | 1,6995 | 0,4553 | 0,9445 | 1,5546 | 0,5778 | 0,8949 | 1,4333 |
| 1995 | 0,6958 | 1 | 1,8229 | 0,6621 | 0,9897 | 1,7333 | 0,4257 | 0,9395 | 1,5814 | 0,5098 | 0,8316 | 1,3629 |
| 1996 | 0,6568 | 1 | 1,8603 | 0,6059 | 0,9421 | 1,6871 | 0,3857 | 0,8935 | 1,457 | 0,4593 | 0,8133 | 1,2904 |
| 1997 | 0,7338 | 1 | 1,8365 | 0,6683 | 0,9243 | 1,6758 | 0,4121 | 0,8754 | 1,3993 | 0,5019 | 0,8191 | 1,2948 |
| 1998 | 0,8146 | 1 | 1,8142 | 0,7309 | 0,9024 | 1,6534 | 0,4769 | 0,8432 | 1,4305 | 0,5494 | 0,8761 | 1,336 |
| 1999 | 0,8248 | 1 | 1,8 | 0,6992 | 0,9018 | 1,5816 | 0,4832 | 0,9029 | 1,4644 | 0,5577 | 0,8988 | 1,3771 |
| 2000 | 0,7726 | 1 | 1,8466 | 0,6494 | 0,8888 | 1,5549 | 0,4312 | 0,8687 | 1,3431 | 0,5631 | 0,9778 | 1,4457 |
| 2001 | 0,7977 | 1 | 1,8418 | 0,6585 | 0,88 | 1,5109 | 0,446 | 0,8406 | 1,3034 | 0,5517 | 0,9557 | 1,3026 |
| 2002 | 0,7504 | 1 | 1,7814 | 0,6386 | 0,8743 | 1,4643 | 0,456 | 0,8367 | 1,2666 | 0,5412 | 0,9387 | 1,2549 |
| 2003 | 0,7613 | 1 | 1,6932 | 0,6734 | 0,8772 | 1,4704 | 0,4998 | 0,8402 | 1,3614 | 0,5548 | 0,9589 | 1,3304 |
| 2004 | 0,7426 | 1 | 1,6693 | 0,6655 | 0,8591 | 1,4561 | 0,5026 | 0,823 | 1,4179 | 0,5833 | 0,9401 | 1,4178 |
| 2005 | 0,7294 | 1 | 1,6251 | 0,6606 | 0,8349 | 1,4508 | 0,5351 | 0,8136 | 1,4127 | 0,573 | 0,9157 | 1,3801 |
| 2006 | 0,7272 | 1 | 1,6349 | 0,6434 | 0,8189 | 1,4438 | 0,5194 | 0,8075 | 1,3758 | 0,5653 | 0,9857 | 1,5104 |
| 2007 | 0,7267 | 1 | 1,7174 | 0,5995 | 0,8293 | 1,4696 | 0,4824 | 0,8016 | 1,3408 | 0,5473 | 1 | 1,5572 |
| 2008 | 0,7545 | 1 | 1,7578 | 0,5945 | 0,7953 | 1,4342 | 0,4596 | 0,7698 | 1,2206 | 0,5423 | 1 | 1,5347 |
| 2009 | 0,7947 | 1 | 1,8752 | 0,6077 | 0,7713 | 1,4464 | 0,4423 | 0,7919 | 1,2677 | 0,5174 | 0,9532 | 1,5616 |
| 2010 | 0,77 | 1 | 1,8476 | 0,5892 | 0,7997 | 1,4422 | 0,4208 | 0,7981 | 1,2332 | 0,557 | 0,9924 | 1,7109 |
| 2011 | 0,7311 | 1 | 1,8098 | 0,5183 | 0,7745 | 1,3291 | 0,3743 | 0,7472 | 1,1 | 0,5242 | 0,9704 | 1,6649 |
| 2012 | 0,7857 | 1 | 1,8784 | 0,5005 | 0,7758 | 1,2431 | 0,3795 | 0,7514 | 1,1107 | 0,5165 | 0,9673 | 1,6467 |
| 2013 | 0,8079 | 1 | 1,9733 | 0,48 | 0,7742 | 1,2238 | 0,373 | 0,7636 | 1,1048 | 0,5163 | 0,9611 | 1,6657 |
| 2014 | 0,7838 | 1 | 2,152 | 0,4417 | 0,775 | 1,2622 | 0,3545 | 0,7985 | 1,1883 | 0,4818 | 0,9979 | 1,7213 |
| Mean | 0,7636 | 1 | 1,824 | 0,6362 | 0,8743 | 1,4996 | 0,4511 | 0,8399 | 1,342 | 0,5503 | 0,9282 | 1,4529 |

Πίνακας Δ.1: (συνέχεια)

| ΕΤΟΣ | Saudi Arabia | | | Turkey | | | United States | | | South Africa | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης | 1ος Δείκτης | 2ος Δείκτης | 3ος Δείκτης |
| 1991 | 0,2747 | 1 | 0,8543 | 0,8319 | 1 | 1,7762 | 0,4438 | 1 | 1 | 0,2206 | 1 | 0,9158 |
| 1992 | 0,2712 | 1 | 0,8521 | 0,824 | 1 | 1,7461 | 0,4417 | 1 | 1 | 0,2295 | 1 | 0,8765 |
| 1993 | 0,2355 | 1 | 0,8018 | 0,8417 | 1 | 1,7598 | 0,4298 | 1 | 1 | 0,2144 | 1 | 0,8484 |
| 1994 | 0,212 | 1 | 0,7212 | 0,746 | 1 | 1,8395 | 0,4108 | 1 | 1 | 0,1931 | 1 | 0,9269 |
| 1995 | 0,2579 | 1 | 0,712 | 0,6667 | 1 | 1,7719 | 0,3837 | 1 | 1 | 0,1747 | 1 | 0,9161 |
| 1996 | 0,232 | 1 | 0,7457 | 0,6278 | 1 | 1,709 | 0,3575 | 1 | 1 | 0,1667 | 1 | 0,8856 |
| 1997 | 0,3054 | 1 | 0,7643 | 0,6789 | 1 | 1,7107 | 0,3996 | 1 | 1 | 0,1765 | 1 | 0,9112 |
| 1998 | 0,3154 | 1 | 0,7025 | 0,7089 | 1 | 1,7004 | 0,449 | 1 | 1 | 0,1975 | 1 | 0,9873 |
| 1999 | 0,3227 | 1 | 0,7043 | 0,6866 | 1 | 1,7193 | 0,4582 | 1 | 1 | 0,1997 | 1 | 1 |
| 2000 | 0,2622 | 1 | 0,7458 | 0,6443 | 1 | 1,6226 | 0,4267 | 1 | 1 | 0,1927 | 1 | 1 |
| 2001 | 0,2555 | 1 | 0,7077 | 0,6961 | 1 | 1,5821 | 0,441 | 1 | 1 | 0,2049 | 1 | 0,9415 |
| 2002 | 0,2444 | 1 | 0,7332 | 0,6408 | 1 | 1,3741 | 0,4346 | 1 | 1 | 0,2233 | 1 | 0,8165 |
| 2003 | 0,2814 | 1 | 0,7713 | 0,6078 | 1 | 1,4206 | 0,4693 | 1 | 1 | 0,2138 | 1 | 0,8942 |
| 2004 | 0,2697 | 1 | 0,8614 | 0,6562 | 1 | 1,5313 | 0,4722 | 1 | 1 | 0,1992 | 1 | 0,9229 |
| 2005 | 0,3133 | 1 | 0,9838 | 0,6569 | 1 | 1,481 | 0,4647 | 1 | 1 | 0,2216 | 1 | 0,9438 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|---|--------|--------|---|--------|--------|---|---|--------|--------|--------|
| 2006 | 0,3192 | 1 | 1 | 0,6302 | 1 | 1,5815 | 0,465 | 1 | 1 | 0,212 | 1 | 1 |
| 2007 | 0,3618 | 1 | 1 | 0,5752 | 1 | 1,6674 | 0,432 | 1 | 1 | 0,1995 | 1 | 1 |
| 2008 | 0,3966 | 1 | 1 | 0,6061 | 1 | 1,6824 | 0,4347 | 1 | 1 | 0,187 | 1 | 1 |
| 2009 | 0,3133 | 1 | 0,9878 | 0,5946 | 1 | 1,6474 | 0,4414 | 1 | 1 | 0,1757 | 1 | 0,9223 |
| 2010 | 0,3303 | 1 | 1 | 0,6008 | 1 | 1,6744 | 0,4314 | 1 | 1 | 0,1886 | 1 | 0,8363 |
| 2011 | 0,3872 | 1 | 1 | 0,5695 | 1 | 1,6382 | 0,4069 | 1 | 1 | 0,1823 | 1 | 0,7396 |
| 2012 | 0,3679 | 1 | 1 | 0,5841 | 1 | 1,6823 | 0,4274 | 1 | 1 | 0,1843 | 1 | 0,7326 |
| 2013 | 0,3698 | 1 | 1 | 0,5955 | 1 | 1,7401 | 0,4166 | 1 | 1 | 0,1824 | 0,9856 | 0,7299 |
| 2014 | 0,2944 | 1 | 1 | 0,5242 | 1 | 1,7314 | 0,3756 | 1 | 1 | 0,1581 | 0,9562 | 0,735 |
| Mean | 0,2997 | 1 | 0,8604 | 0,6581 | 1 | 1,6579 | 0,4297 | 1 | 1 | 0,1958 | 0,9976 | 0,8951 |